



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA –  
PPGCIMA

ELIEL CARDOSO DOS SANTOS

**A ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO POTENCIAL  
PARA A APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS  
OXIGENADAS**

São Cristóvão - SE

2024

ELIEL CARDOSO DOS SANTOS

**A ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO POTENCIAL  
PARA A APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS  
OXIGENADAS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial de avaliação para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática na linha de pesquisa Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca

São Cristóvão - SE

2024

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S237p	<p>Santos, Eliel Cardoso dos</p> <p>A atenção seletiva como constructo neurocognitivo potencial para a aprendizagem da noção de funções orgânicas oxigenadas / Eliel Cardoso dos Santos ; orientador Laerte Silva da Fonseca. - São Cristóvão, 2024.</p> <p>283 f. : il.</p>
	<p>Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, 2024.</p>
	<p>1. Química (Ensino médio). 2. Neurociência cognitiva. 3. Didática (Ensino médio). 4. Aprendizagem. I. Fonseca, Laerte Silva da Orient. II. Título.</p>
	CDU 54:37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGECIMA



ELIEL CARDOSO DOS SANTOS

A ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO POTENCIAL PARA A  
APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM  
21 DE MARÇO DE 2024

---

Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca (Orientador)  
PPGECIMA/UFS

Erivanildo  
Lopes da Silva

Assinado de forma digital  
por Erivanildo Lopes da  
Silva  
Dados: 2024.03.23  
09:30:17 -03'00'

---

Prof. Dr. Erivanildo Lopes da Silva  
PPGECIMA/UFS

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ELIANE SANTANA DE SOUZA OLIVEIRA  
Data: 22/03/2024 17:54:52-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

Profa. Dra. Eliane Santana de Souza Oliveira  
Universidade Estadual de Feira de Santana /UEFS

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** AGNALDO ARROIO  
Data: 22/03/2024 10:54:43-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

---

Profa. Dra. Prof. Dr. Agnaldo Arroio  
Universidade de São Paulo/USP

## AGRADECIMENTOS

Agradecer é um gesto de humildade, empatia e reconhecimento da contribuição de outros em nossas vidas. Esta é mais uma oportunidade de demonstrar minha gratidão por aqueles e aquelas que, de alguma forma, contribuíram para o meu progresso na formação acadêmica, profissional e pessoal. Por isso, expresso meu agradecimento:

A Deus, pela sua presença em minha vida nos momentos de insegurança, dúvidas e dificuldades, por me ouvir e atender aos meus pedidos em oração para superar todos os desafios nesta jornada acadêmica.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, apoiando-me e incentivando-me nos meus estudos. Minha mãe, Rita Dias dos Santos; minhas irmãs, Maria Cristina dos Santos Almeida, Ana Paula Cardoso dos Santos Silva, Ronetina Cardoso dos Santos Oliveira, Ana Maria Cardoso dos Santos Lima; meu irmão, Valmir Cardoso dos Santos; e minha sobrinha, Miriely Kelly Santos de Oliveira.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca, por me guiar durante as disciplinas e na pesquisa, ao mesmo tempo em que deu liberdade para conduzi-la. Sua dedicação, paciência, incentivo e conhecimento foram fundamentais para o meu ingresso no programa, para a realização da pesquisa e a conclusão do meu mestrado.

Ao coordenador do PPGECIMA, o Prof. Dr. Erivanildo Lopes da Silva, agradeço por proporcionar um ambiente acadêmico propício ao aprendizado e desenvolvimento científico. Sua liderança e comprometimento foram essenciais para o crescimento do programa. Aos docentes do PPGCIMA, em especial à Profa. Dra. Eliane Santana de Souza Oliveira e ao Prof. Dr. Lucas de Paulo Lameu, agradeço pelas suas contribuições e discussões oportunizadas durante as aulas, enquanto aluno especial do programa. Agradeço também por me incentivarem e pelas dicas para o meu pré-projeto, e por acreditarem no meu potencial.

Aos colegas do mestrado, especialmente à Gêssica Maria Amarante Conceição, expresso minha gratidão pelos momentos de estudo, descontração, desabafos e risos. Com essa professora, mãe, mulher e amiga, muitas foram as aprendizagens. Gratidão.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa neuroMATH, gostaria de externar minha gratidão pelos momentos de discussão, que foram essenciais para enriquecer minha pesquisa e para o sucesso alcançado.

Às professoras Josenildes Pereira do Nascimento Dantas e Regina Mendes de Oliveira, minhas inspirações, pela dedicação e pela sabedoria na docência, que me incentivaram a buscar sempre a excelência acadêmica.

## RESUMO

No processo de aprendizagem das Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO), a atenção seletiva é fundamental, pois permite que o estudante se concentre em informações relevantes sobre os grupos funcionais, as propriedades e as reações, filtrando estímulos irrelevantes ou distrativos. Isso otimiza a aquisição e a retenção de novos conhecimentos, direcionando os recursos cognitivos para o que realmente importa, como a compreensão das estruturas moleculares e suas transformações químicas no contexto de aprendizagem. Em vista disso, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar uma Sequência Didática (SD) considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva durante o processo de aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas, indicada para estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Aporá. Para tanto, conduziu-se a investigação de forma exploratória e experimental, devido à necessidade de estudos e aplicação nessa área, amparada nos princípios metodológicos da Engenharia Didática Clássica, instituídos por Michèle Artigue. Realizou-se uma análise histórico-epistemológica sobre as Funções Orgânicas com o objetivo de identificar obstáculos epistemológicos, conforme Bachelard, e obstáculos didáticos, conforme Brousseau, além da análise das abordagens quanto à organização e ao ensino habitual desse saber em documentos oficiais e em capítulos de quatro livros didáticos. Essas análises resultaram na concepção da SD fundamentada na atenção seletiva e no processamento cerebral da informação, sustentada teoricamente pela Neurociência e Neurociência Cognitiva, com autores como Gazzaniga et al. (2018, 2019), Kandel (2014), Lent (2010), Sternberg (2010), e Cosenza e Guerra (2011), assim como na Teoria da Integração de Características, desenvolvida por Treisman e Gelade, que explica os mecanismos de busca dos estímulos com base em características da apresentação das FOO. A SD foi elaborada pelo pesquisador e é composta por dez atividades apoiadas nos princípios da Teoria das Situações Didáticas de Brousseau, com o propósito de modelar o processo de aprendizagem, empregando recursos didáticos genéricos para o desenvolvimento do foco atencional. As atividades foram organizadas e aplicadas em quatro momentos, em que foram utilizados testes, protocolos e registros fotográficos e audiovisuais para coleta dos dados. Esses foram sistematizados por meio da estatística descritiva, analisados e confrontados entre a análise *a priori* e *a posteriori*. Assim, foi confirmada a maioria das hipóteses para cada uma das atividades, bem como alcançados os objetivos, validando a SD. Os resultados apontam que os recursos didáticos genéricos incorporados nas atividades desempenharam um papel fundamental na melhoria do estado de atenção seletiva dos estudantes no processo de aprendizagem da noção de FOO. Isso revela a ativação de regiões específicas do córtex cerebral, como o occipital e o parietal, durante a execução das atividades, demonstrando o impacto positivo dos estímulos visuais na participação e no envolvimento dos estudantes. Portanto, esta pesquisa contribui para os professores de química do EM, ao apresentar uma SD sobre a aprendizagem da noção de FOO, fundamentada na Neurociência Cognitiva e empregando recursos didáticos genéricos para o desenvolvimento da atenção seletiva dos estudantes nesse processo.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Química. Recursos Didáticos Genéricos. Neurociência Cognitiva. Teoria das Situações Didáticas.

## ABSTRACT

In the process of learning Organic Oxygenated Functions (FOO), selective attention is fundamental, as it allows the student to focus on relevant information about functional groups, properties and reactions, filtering out irrelevant or distracting stimuli. This optimizes the acquisition and retention of new knowledge, directing cognitive resources to what really matters, such as understanding molecular structures and their chemical transformations in the learning context. In view of this, the general objective of this research was to analyze a Didactic Sequence (DS) considering the neuronal functioning of selective attention during the process of learning the notion of Oxygenated Organic Functions, recommended for students in the 3rd year of High School in a public school in the city of Aporá. To this end, the investigation was conducted in an exploratory and experimental manner, due to the need for studies and application in this area, supported by the methodological principles of Classical Didactic Engineering, established by Michèle Artigue. A historical-epistemological analysis was carried out on Organic Functions with the aim of identifying epistemological obstacles, according to Bachelard, and didactic obstacles, according to Brousseau, in addition to analyzing approaches to the organization and habitual teaching of this knowledge in official documents and in chapters of four textbooks. These analyzes resulted in the conception of DS based on selective attention and brain processing of information, theoretically supported by Neuroscience and Cognitive Neuroscience, with authors such as Gazzaniga et al. (2018, 2019), Kandel (2014), Lent (2010), Sternberg (2010), and Cosenza and Guerra (2011), as well as the Feature Integration Theory, developed by Treisman and Gelade, which explains search mechanisms of stimuli based on characteristics of the FOO presentation. The DS was created by the researcher and is composed of ten activities based on the principles of Brousseau's Theory of Didactic Situations, with the purpose of modeling the learning process, using generic didactic resources to develop attentional focus. The activities were organized and applied in four moments, in which tests, protocols and photographic and audiovisual records were used to collect data. These were systematized using descriptive statistics, analyzed and compared between a priori and a posteriori analysis. Thus, most of the hypotheses for each of the activities were confirmed, as well as the objectives were achieved, validating the DS. The results indicate that the generic teaching resources incorporated in the activities played a fundamental role in improving the students' state of selective attention in the process of learning the notion of FOO. This reveals the activation of specific regions of the cerebral cortex, such as the occipital and parietal, during the execution of activities, demonstrating the positive impact of visual stimuli on student participation and engagement. Therefore, this research contributes to EM chemistry teachers by presenting a DS on learning the notion of FOO, based on Cognitive Neuroscience and using generic teaching resources to develop students' selective attention in this process.

**Keywords:** Chemical Learning. Generic Teaching Resources. Cognitive Neuroscience. Theory of Didactic Situations.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Versão elaborada dos símbolos criados por Dalton para os elementos e seus compostos .....	39
Figura 2 - Representação da reação de síntese da ureia .....	42
Figura 3 - Estruturas moleculares de Couper para o álcool e ácido oxálico, usando símbolos elementares para átomos e linhas para ligações (1858) .....	44
Figura 4 - Representação de Johann Loschmidt para compostos orgânicos.....	45
Figura 5 - Representação de Kekulé para o metano .....	45
Figura 6 - Representação de moléculas em estruturas mecânicas da transformação de ácidos por Van Hofmann, em 1865 .....	47
Figura 7 - Representações estruturais para o benzeno .....	49
Figura 8 - Representações das formações de ligações entre átomos cúbicos de Lewis .....	50
Figura 9 - Capa do livro Ser protagonista: química .....	67
Figura 10 - Capas dos livros didáticos de Ciências da Natureza .....	69
Figura 11 - Encéfalo de uma ovelha .....	76
Figura 12 - Encéfalo humano seccionado mostra as substâncias cinzenta e branca	78
Figura 13 - Encéfalo humano dividido em lobos e sulcos .....	79
Figura 14 - Mapa frenológico de Gall .....	80
Figura 15 - O encéfalo de Monsieur Leborgne lesionado depois de um acidente vascular encefálico estudado por Broca.....	81
Figura 16 - Anatomia do olho humano e a condução de luminosidade.....	90
Figura 17 - Esquema de sinapse química entre neurônio pré-sináptico e pós-sináptico .....	91
Figura 18 - Córtex visual .....	96
Figura 19 - Desenho da Sequência Didática .....	126
Figura 20 - Telas do jogo didático criado no Wordwall.....	134
Figura 21 - Resposta do estudante B02 para a Questão 1 do TE1 .....	143
Figura 22 - Resposta do estudante A07 para a Questão 1 do TE1.....	143
Figura 23 - Resposta do estudante A26 para a Questão 1 do TE1.....	144
Figura 24 - Resposta do estudante B07 para a Questão 2 do TE1 .....	145
Figura 25 - Resposta do estudante B02 para a Questão 3 do TE1 .....	146
Figura 26 - Resposta do estudante A05 para a Questão 3 do TE1.....	146

Figura 27 - Resposta do estudante B30 para a Questão 3 do TE1 .....	147
Figura 28 - Resposta do estudante A20 para a Questão 4 do TE1.....	148
Figura 29 - Resposta do estudante A32 para a Questão 4 do TE1.....	148
Figura 30 - Resposta do estudante B13 para a Questão 9 do TE1 .....	151
Figura 31 - Resposta do estudante B15 para a Questão 9 do TE1 .....	151
Figura 32 - Organização física da sala de aula .....	153
Figura 33 - Resposta do estudante A20 para a Questão 4 do Protocolo 01 .....	157
Figura 34 - Resposta do estudante A33 à Questão 1 do Protocolo 02 .....	164
Figura 35 - Resposta do estudante A16 à Questão 1 do Protocolo 02 .....	164
Figura 36 - Resposta do estudante B02 à Questão 1 do Protocolo 02 .....	164
Figura 37 - Resposta do B02 à Questão 5. ....	166
Figura 38 - Kit molecular para construção de modelos de moléculas.....	168
Figura 39 - Representação da molécula do butanol na ausência de hidrogênios nos carbonos .....	169
Figura 40 - Estudantes em momento de interação e construção.....	170
Figura 41 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo A1 (A04, A05, A17, A03) .....	170
Figura 42 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo A2 (A33, A15, A13, A11, A19) .....	171
Figura 43 - Construção dos modelos moleculares pelo Grupo B1 (B01, B12, B08, B27, B19, B28).....	172
Figura 44 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo B2 (B01, B12, B08, B27, B19, B28).....	172
Figura 45 - Construção dos modelos moleculares pelo Grupo B3 (B20, B13, B10, B03, B07) .....	173
Figura 46 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo B4 (B33, B11, B16, B29, B30) .....	174
Figura 47 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo B5 (B23, B32, B34) .....	174
Figura 48 - Tabuleiro completo de um dos três grupos do 3º ano A.....	177
Figura 49 - Resposta do B13 à Questão 2 do Protocolo 03 .....	178
Figura 50 - Tabuleiro completo de um dos cinco grupos do 3º ano B .....	179
Figura 51 - Organização dos computadores na sala de laboratório do CETII.....	181
Figura 52 - Tela inicial de acesso ao jogo didático.....	182

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consolidado das respostas à Questão 1 do TE1 .....	144
Gráfico 2 - Consolidado das respostas à Questão 2 do TE1 .....	145
Gráfico 3 - Consolidado das respostas à Questão 3 do TE1 .....	147
Gráfico 4 - Consolidado das respostas à Questão 4 do TE1 .....	148
Gráfico 5 - Consolidado das respostas à Questão 5 do TE1 .....	149
Gráfico 6 - Consolidado das respostas à Questão 6 do TE1 .....	150
Gráfico 7 - Consolidado das respostas à Questão 7 do TE1 .....	150
Gráfico 8 - Consolidado das respostas à Questão 9 do TE1 .....	152
Gráfico 9 - Consolidado das respostas à Questão 3 do Protocolo 01 .....	154
Gráfico 10 - Consolidado das respostas à Questão 1 do Protocolo 01 .....	155
Gráfico 11 - Consolidado das respostas à Questão 2 do Protocolo 01 .....	156
Gráfico 12 - Consolidado das respostas à Questão 1 do TE2 .....	159
Gráfico 13 - Consolidado das respostas à Questão 2 do TE2 .....	159
Gráfico 14 - Consolidado das respostas à Questão 3 do TE2 .....	160
Gráfico 15 - Consolidado das respostas à Questão 4 do TE2 .....	160
Gráfico 16 - Consolidado das respostas à Questão 5 do TE2 .....	161
Gráfico 17 - Consolidado das respostas à Questão 6 do TE2 .....	161
Gráfico 18 - Consolidado das respostas às Questões 7 a 10 do TE2 .....	162
Gráfico 19 - Consolidado das respostas à Questão 2 do Protocolo 02 .....	165
Gráfico 20 - Consolidado das respostas à Questão 4 do Protocolo 02 .....	166
Gráfico 21 - Consolidado das respostas à Questão 7 do Protocolo 02 .....	167
Gráfico 22 - Resumo dos resultados dos estudantes no jogo .....	183
Gráfico 23 - Resultado de todos os envios pelos estudantes .....	183
Gráfico 24 - Consolidado das respostas ao TE5 .....	187

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representação dos grupos funcionais oxigenados .....	52
Quadro 2 - Obstáculos epistemológicos identificados na História da Química para o desenvolvimento das noções de Funções Orgânicas Oxigenadas.....	53
Quadro 3 - Obstáculos didáticos relacionados ao ensino das Funções Orgânicas Oxigenadas.....	64
Quadro 4 - Algumas ponderações acerca das estruturações didáticas e abordagens metodológicas sobre o ensino das Funções Orgânicas Oxigenadas.....	71
Quadro 5 - Princípios da Neurociência com potencial aplicação na sala de aula .....	86
Quadro 6 - Neurotransmissores envolvidos no processo de aprendizagem .....	94
Quadro 7 - As quatro funções de atenção conforme Lima.....	104
Quadro 8 - Classificação das questões em níveis de conhecimento .....	119
Quadro 9 - Estrutura do primeiro momento da SD .....	128
Quadro 10 - Estrutura do segundo momento da SD .....	130
Quadro 11 - Estrutura do terceiro momento da SD.....	133
Quadro 12 - Estrutura do quarto momento da SD .....	136
Quadro 13 - Resultado por estudante .....	183
Quadro 14 - Confronto das análises <i>a priori</i> e <i>a posteriori</i> do primeiro momento da SD .....	203
Quadro 15 - Confronto das análises <i>a priori</i> e <i>a posteriori</i> do segundo momento da SD .....	204
Quadro 16 - Confronto das análises <i>a priori</i> e <i>a posteriori</i> do terceiro momento da SD .....	206
Quadro 17 - Confronto das análises <i>a priori</i> e <i>a posteriori</i> do quarto momento da SD .....	207

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- OH	Hidroxila
3MP's	Três Momentos Pedagógicos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ach	Acetilcolina
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
C	Carbono
CEP/UFS	Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe
CETII	Colégio Estadual de Tempo Integral de Itamira
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CONS	Considerações
CPFDL	Córtices Pré-frontal Dorsolateral
DA	Dopamina
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
DCRB	Documento Curricular Referencial da Bahia etapa do Ensino Médio
DM	Didática da Matemática
DML	Departamento de material de limpeza
DTS	Teoria da Detecção de Sinais
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
EDC	Engenharia Didática Clássica
EJA	Educação de Jovens e Adultos
EM	Ensino Médio
FO	Funções Orgânicas
FOO	Funções Orgânicas Oxigenadas
GABA	Ácido $\gamma$ -gaminobutírico
H	Hidrogênio
IRM	Imagem de Ressonância Magnética
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
N	Nitrogênio
NC	Neurociência Cognitiva
ND	Nível Disponível
NFC	Níveis de Funcionamento do Conhecimento
NM	Nível Mobilizável

NT	Nível Técnico
O	Oxigênio
OBD	Obstáculo didático
OBE	Obstáculo epistemológico
PCD	Pessoa com deficiência
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCNEM+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PN	Princípio da Neurociência
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PPIP	Parietal inferior posterior
Qs	Questão subjetiva
QI	Química Inorgânica
QO	Química Orgânica
Qo	Questão objetiva
SARA	Sistema Ativador Reticular Ascendente
SD	Sequência Didática
SN	Sistema Nervoso
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TBG	Teoria da Busca Guiada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
TE	Teste
TEP	Tomografia por Emissão de Pósitrons
TIC	Teoria da Integração de Características
TS	Teoria da Semelhança
TSD	Teoria das Situações Didáticas

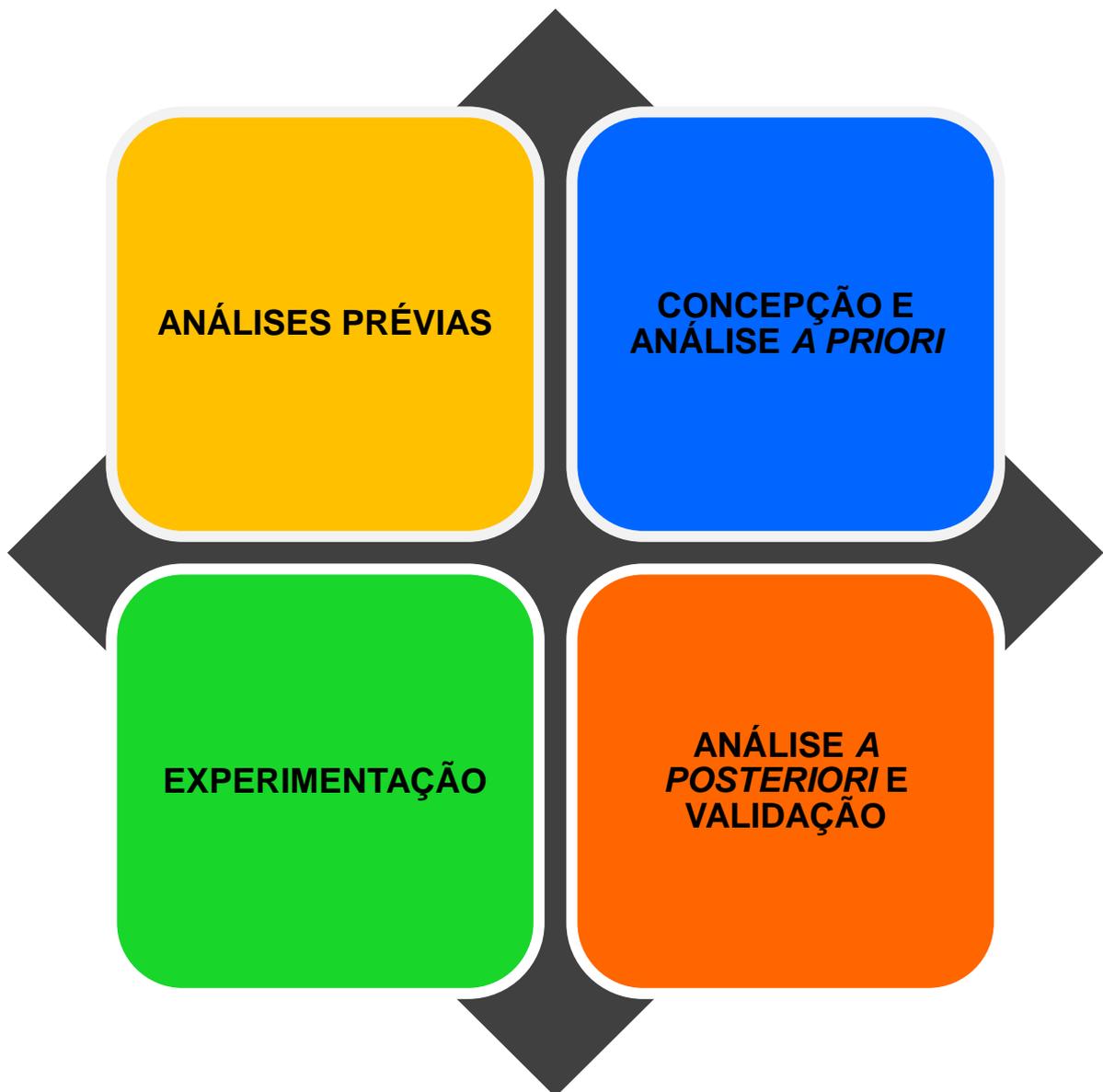
## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1 Caminho metodológico da pesquisa .....	24
1.2 Organização da pesquisa .....	25
<b>2. ANÁLISES PRÉVIAS</b> .....	29
Considerações Iniciais .....	29
2.1 Contemplações teóricas para a análise epistemológica .....	30
<b>2.1.1 Análise histórica-epistemológica das Funções Orgânicas</b> .....	35
<b>2.1.2 Abordagens sobre a organização e o ensino habitual</b> .....	55
<b>2.1.3 Análise de documentos oficiais</b> .....	56
<b>2.1.4 Pesquisas sobre o Ensino das Funções Orgânicas</b> .....	60
<b>2.1.5 Análise de Livros Didáticos (LD)</b> .....	66
Considerações Parciais .....	72
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	73
Considerações Iniciais .....	73
3.1 Neurociência: aspectos históricos sobre a origem do cérebro humano .....	74
3.2 Articulação entre a Neurociência Cognitiva e a Educação .....	84
3.3 A importância da Neurociência Cognitiva no Ensino de Química .....	87
3.4 A aprendizagem numa perspectiva neurocientífica .....	88
3.5 Atenção Seletiva: subsídio teórico à aprendizagem .....	98
3.6 A Teoria da Integração de Características .....	105
3.7 Teoria das Situações Didáticas .....	107
Considerações Parciais .....	111
<b>4. CONCEPÇÃO E ANÁLISE A PRIORI</b> .....	114
Considerações Iniciais .....	114
4.1 Descrição do campo de investigação.....	115
4.2 Análise <i>a priori</i> do Teste 1 (TE1) .....	118
4.3 Recursos Didáticos .....	123
4.4 Concepção da Sequência Didática .....	125
<b>4.4.1 Análise <i>a priori</i> do primeiro momento (sessão I)</b> .....	127
<b>4.4.2 Análise <i>a priori</i> do segundo momento (sessão II)</b> .....	129
<b>4.4.3 Análise <i>a priori</i> do terceiro momento (sessão III)</b> .....	132
<b>4.4.4 Análise <i>a priori</i> do quarto momento (sessão IV)</b> .....	134

Considerações Parciais .....	137
<b>5. EXPERIMENTAÇÃO</b> .....	140
Considerações Iniciais .....	140
5.1 Primeiro momento (sessão I) .....	141
5.2 Segundo momento (Sessão II).....	157
5.3 Terceiro momento (Sessão III) .....	175
5.4 Quarto momento (Sessão IV).....	180
Considerações Parciais .....	188
<b>6. ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO</b> .....	191
Considerações Iniciais .....	191
6.1 ANÁLISE A POSTERIORI.....	192
6.2 VALIDAÇÃO .....	202
Considerações Parciais .....	209
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	212
REFERÊNCIAS .....	222
APÊNDICES.....	232
APÊNDICE A – Termo de anuência e existência de infraestrutura .....	232
APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido .....	234
APÊNDICE C – Termo de assentimento livre e esclarecido .....	239
APÊNDICE D – Reconhecimentos preliminares sobre as Funções Orgânicas Oxigenadas e o ensino atual de química .....	243
APÊNDICE E – Registro das análises das situações observadas .....	247
APÊNDICE F – Breve histórico da Química Orgânica e das Funções Orgânicas Oxigenadas .....	248
APÊNDICE G – Reconhecimento das Funções Orgânicas Oxigenadas .....	255
APÊNDICE H – Slides com imagens de produtos relacionadas às FOO. ....	259
APÊNDICE I – Registro das análises a respeito da percepção visual do material apresentado.....	262
APÊNDICE J – Teste de formulação de compostos orgânicos oxigenados.....	264
APÊNDICE K – Teste de representação da função orgânica oculto .....	265
APÊNDICE L – Jogo de tabuleiro das Funções Orgânicas Oxigenadas .....	266
APÊNDICE M – Registro das análises das percepções do jogo de tabuleiro da FOO.....	270
APÊNDICE N – Teste de avaliação da aprendizagem após as intervenções didáticas .....	271
ANEXOS.....	276

ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP (páginas 01 e 10).....	276
ANEXO B – As Funções Orgânicas Oxigenadas .....	278

# INTRODUÇÃO



## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar uma Sequência Didática (SD) considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva durante o processo de aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO) indicadas para estudantes do 3º ano do Ensino Médio (EM) de uma escola pública da cidade de Aporá.

Esta investigação foi baseada na Teoria das Situações Didáticas (TSD), apoiada nos constructos da Neurociência Cognitiva (NC) quanto ao processamento cerebral da informação e nas considerações da Teoria da Integração de Características (TIC), uma teoria da atenção seletiva.

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBEN (1996), o EM é a etapa final da Educação Básica (EB), que tem como finalidade prever o desenvolvimento do estudante e assegurar a consolidação e o aprofundamento dos fundamentos científicos e tecnológicos no ensino de cada componente curricular, de forma relacional entre teoria e prática, com o desígnio de preparar o estudante para progredir em estudos posteriores.

Embora tais finalidades sejam previstas na LDBEN, a realidade educacional do Ensino das Ciências nas escolas públicas no Brasil revela um cenário contrário ao proposto para essa etapa de ensino.

A experiência sobre essa realidade demonstrou a falta de valorização da formação integral do estudante, uma vez que o ensino dos conteúdos escolares de química<sup>1</sup> é negligenciado devido à escassez de professores e à desvalorização da educação científica, conduzida por profissionais com apenas formação técnica em magistério de nível médio e não com licenciatura específica nessa área.

Essa conjuntura da realidade do autor desta investigação, durante o curso do EM de 2003 a 2005, infelizmente ainda faz parte da vida dos estudantes e do contexto de algumas escolas no interior da Bahia. Em 2015, o autor experienciou situação semelhante, porém em outro contexto e por razões diferentes, ao assumir a docência de aulas de química enquanto licenciado em matemática. Diante da necessidade de formação profissional nessa área, alinhada às demandas dos estudantes e dos

---

<sup>1</sup> Nesta pesquisa, considerou-se o termo "química" referente ao componente curricular do Ensino Básico, bem como a terminologia "Química" para representar a área de conhecimento.

desafios apresentados, o professor decidiu cursar a segunda Licenciatura em Química.

Os oito anos de experiência no Ensino de Química foram fundamentais para o surgimento de reflexões sobre o ensino, a aprendizagem e, em especial, as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de química, particularmente as FOO.

A falta de interesse e de atenção dos estudantes, a dificuldade em aprender esse conteúdo e os questionamentos sobre o porquê de aprender e onde utilizá-lo são preocupações que despertaram o interesse em investigar como despertar a atenção seletiva dos estudantes pela aprendizagem das FOO.

Investigações sobre o Ensino de Química têm revelado que as dificuldades de aprendizagem nessa área estão relacionadas a diversos fatores, dos quais destacam-se o ensino expositivo centrado na demonstração de fórmulas, denominações, classificações e nomenclaturas de substâncias, as escolhas didáticas e a falta de contextualização, o que dificulta a relação do estudante com os conhecimentos científicos do seu cotidiano (Lima *et al.*, 2000; Diniz Júnior; Silva, 2016; Silva, *et al.*, 2017).

A aprendizagem dos conteúdos da Química tem como objetivo compreender as transformações físicas e químicas presentes nos fenômenos naturais e interpretar os problemas do cotidiano. No entanto, como se trata de uma Ciência abstrata, surgem grandes dificuldades no processo de aprendizagem das Funções Orgânicas (FO) como identificar, representar, nomear, classificar e reconhecer as funções oxigenadas em compostos orgânicos, conforme apontam Barreto (2018), Germano *et al.* (2010) e Pazinato *et al.* (2012).

Diante desse contexto, esta pesquisa se concentrou na aprendizagem de FOO, e optou-se por esse conteúdo em virtude de ser um conhecimento fundamental para a formação integral do estudante, uma vez que os compostos orgânicos são moléculas formadas por átomos de carbono (C) ligados entre si e a outros elementos químicos que estão presentes em produtos alimentícios, farmacêuticos, nos combustíveis e outros, que fazem parte da vida dos estudantes.

No que diz respeito à aprendizagem desse conteúdo, os pesquisadores consideram que é de difícil compreensão. No entanto, o uso de recursos didáticos genéricos é uma estratégia que contribui para reduzir as dificuldades cognitivas

deixadas no decorrer dos estudos de conteúdos básicos fundamentais para a compreensão dos conceitos posteriores, falhas de resultado de um ensino tradicional<sup>2</sup>.

Dessa forma, entende-se por recurso didático todo material utilizado como auxílio, estrategicamente empregado para facilitar o ensino e aprendizagem de um saber. De conhecimento do professor, os recursos didáticos genéricos devem ser cuidadosamente selecionados e utilizados de forma planejada e adequada, com a finalidade de potencializar o alcance dos objetivos propostos. Sejam materiais concretos, visuais ou auditivos, os recursos são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo de crianças e adolescentes em processo de aprendizagem.

Silva e Fonseca (2019), ao aplicarem uma sequência de ensino para o aprendizado de noções de geometria molecular, utilizaram materiais como bolas de isopor de diferentes tamanhos e cores e palitos de churrasco para representar as formas geométricas da molécula da água (H<sub>2</sub>O). A escolha desses materiais teve como objetivo engajar o sistema de atenção dos estudantes.

Cabe salientar que, conforme Brousseau (1996), uma Sequência Didática é um conjunto de atividades organizadas de forma coerente e progressiva, visando à aprendizagem de conceitos matemáticos específicos. Essas atividades são planejadas levando em consideração a progressão natural do aprendizado, partindo do que o aluno já sabe e gradualmente introduzindo novos conceitos, permitindo a construção do conhecimento de maneira significativa. Já a sequência de ensino é mais ampla e abrange o planejamento geral do processo de ensino, desde a seleção e organização dos conteúdos até a avaliação do progresso dos estudantes.

O uso de recursos didáticos genéricos também contribui para o desenvolvimento de funções cognitivas, como atenção, memória, percepção, linguagem, pensamento, emoção, orientação e sensação, sendo a atenção seletiva uma das mais requisitadas para a aprendizagem. Nesse sentido, a atenção é o filtro

---

<sup>2</sup> A partir de Paulo Freire (1970), entende-se por ensino tradicional uma abordagem bancária, um modelo de ensino que se baseia principalmente na transmissão de informações do professor para o aluno, que são vistos como receptáculos passivos, através de aulas expositivas e atividades de memorização, o que valoriza a autoridade do professor, a disciplina e a hierarquia da sala de aula, na qual os estudantes são passivos, ouvem e reproduzem as informações fornecidas pelo professor no processo de aprendizagem. Nesse modelo, o ensino é centrado no professor, que detém o controle do processo de aprendizagem, enquanto os alunos têm um papel passivo na absorção do conteúdo. Essa abordagem é criticada por Freire, por não levar em conta as experiências e saberes prévios dos alunos, não promover a reflexão crítica e não incentivar a participação ativa dos estudantes no processo educativo.

pelo qual as informações são selecionadas em meio a outras disponíveis no ambiente e perceptíveis pelos sentidos, por essa razão que ela foi evocada nesta pesquisa.

A falta de foco atencional e a dificuldade em se concentrar em estímulos-alvo podem acarretar falhas nas concepções e dificuldade em assimilar o assunto que se estuda. É por isso que o professor se vê constantemente pedindo a “atenção” dos estudantes. Nesse sentido, a atenção é o canal do qual as informações são selecionadas entre outras disponíveis no ambiente, sendo perceptíveis pelos instintos sensoriais de forma consciente, passando por um processo de seletividade.

Despertar a atenção seletiva dos estudantes não é uma tarefa simples para o professor, uma vez que cada estudante tem expectativa, interesse e modos diferentes de aprendizagem. Para despertar a vontade e o desejo de aprender, é necessário que os estudantes encontrem significado no conteúdo. Dessa forma, o uso de estímulos adequados é fundamental.

Aprender é uma mudança comportamental que envolve tomada de decisão e que está relacionada às interações entre a mente e o cérebro, por isso que os conhecimentos da NC tiveram espaço nesta investigação como um aporte teórico.

A NC surgiu da colaboração de esforços de neurocientistas, como Michael Gazzaniga, cientistas da computação e filósofos a partir de estudos que explicam os mecanismos neurais envolvidos nas funções cognitivas.

Conforme destaca Sternberg (2010, p. 29), “A Neurociência Cognitiva é um campo de estudo que vincula o cérebro a outros aspectos do sistema nervoso ao processo cognitivo e, em última análise, ao comportamento.” A respeito dessa área do conhecimento que vem sendo aplicada à Educação no sentido de compreender em níveis mais complexos de como se dá a aprendizagem, Relvas (2021) afirma que os conhecimentos básicos da Neurociência são essenciais para melhores condições de qualidade de aprendizagem.

Portanto, requer do professor o entendimento anatômico, fisiológico, neuroquímico, patológico e comportamental das regiões do Sistema Nervoso Central (SNC) nas quais os processos cognitivos são gerados.

Diante do exposto, justifica-se essa escolha teórica para fundamentar esta investigação qualitativa e experimental sobre a atenção seletiva, que seguiu norteadas pela seguinte questão:

Como mobilizar a função cognitiva da atenção seletiva com o emprego de recursos didáticos genéricos apoiados nos constructos da NC à aprendizagem da

noção de FOO por estudantes do 3º ano do EM de uma escola pública da cidade de Aporá?

Considerando essa questão e o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver uma Sequência Didática que contempla recursos didáticos genéricos com emprego de estímulos e apoiados nos constructos da NC, de modo a mobilizar a atenção seletiva dos estudantes;
2. Analisar o processo atencional e a aprendizagem de FOO em meio aos estímulos empregados nos recursos didáticos genéricos;
3. Entender como ocorre o processamento cerebral da informação privilegiando o canal de entrada da visão;
4. Compreender como os documentos oficiais e pesquisas abordam sobre o objeto do saber FOO;
5. Identificar as contribuições da NC na aprendizagem de FOO.

Essa área de conhecimento, recente na Educação, despertou o interesse do pesquisador desta investigação quando teve contato com as primeiras obras sobre a NC, no grupo de pesquisa neuroMATH<sup>3</sup>, no final do ano de 2021, a convite do orientador deste trabalho e presidente do grupo.

Na medida em que os conhecimentos sobre a atenção seletiva foram sendo construídos, incorporou-se a esta pesquisa, juntamente com as experiências, despertando-o para o objetivo desta investigação. Ao reunir esse quadro teórico, apostou-se na possibilidade de chegar a um entendimento de como mobilizar a atenção seletiva dos estudantes.

Nesse sentido, criou-se a hipótese de que, com a compreensão de como ocorre o processamento cerebral da informação, será possível empregar estímulos em recursos didáticos genéricos de uma SD capaz de mobilizar regiões do córtex cerebral responsáveis pela atenção seletiva, desenvolvendo o estado de atenção dos estudantes para a aprendizagem da noção de FOO.

---

<sup>3</sup> Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Neurocognitivo de Aprendizagem Matemática (neuroMATH – IFS/CNPq) foi formado em 2015 pelo professor Dr. Laerte da Silva Fonseca, com o objetivo de pesquisar o desenvolvimento neurocognitivo mobilizado na aprendizagem matemática. Para tanto, os estudos inter-relacionam as áreas da Psicologia e Neurociência Cognitiva com a área de Ensino (Ciências e Matemática). Desde então, o grupo vem desenvolvendo várias atividades sobre a aprendizagem de Ciências e Matemática tendo como objeto de pesquisa a atenção seletiva com foco em quatro teorias da atenção seletiva: Teoria da Semelhança (TS), Teoria da Integração de Características (TIC), Teoria da Busca Guiada (TBG) e Teoria da Detecção de Sinais (DTS).

## 1.1 Caminho metodológico da pesquisa

Para atingir os objetivos pretendidos, responder à questão norteadora e validar ou não a hipótese para esta investigação, optou-se pelo caminho metodológico de pesquisa com base nos princípios da Engenharia Didática Clássica (EDC) delineada pela pesquisadora francesa Michele Artigue (1988), pois apresenta caráter experimental semelhante às realizações didáticas desenvolvidas pelo professor.

É importante salientar que, nesta pesquisa, as situações didáticas expressam rigor teórico-metodológico e tiveram aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da UFS para sua realização, como consta no anexo A.

A EDC se assemelha ao trabalho do engenheiro, nesse caso, o pesquisador, que estrutura um projeto de ensino ou pesquisa sustentado em conhecimentos científicos, tendo em vista o estudo dos aspectos relacionados aos processos de ensino e/ou aprendizagem de um objeto. Por essa correspondência é que no contexto da Didática da Matemática (DM) de influência francesa, no início da década de 80, surgiu a noção de EDC (Almouloud, 2007).

Essa metodologia baseia-se na concepção, realização, observação e análise de sequências de ensino, um percurso metodológico favorável a esta investigação. A EDC se distingue em dois níveis, a microengenharia, que tem como essência o estudo sobre um determinado assunto, e a macroengenharia, que consiste na composição da complexidade dos estudos de uma microengenharia com a complexidade essencial dos fenômenos ligados à realidade nas relações ensino-aprendizagem (Artigue, 1988). Nesse sentido, a microengenharia foi a que melhor atendeu às necessidades do estudo das FOO.

Semelhante ao projeto de engenharia, que, para ser planejado e executado, deve passar por etapas de estudos prévios das condições, da elaboração do projeto, execução e análises, a EDC desenvolve-se em quatro fases: 1. Análises prévias; 2. Concepção e análise *a priori*; 3. Experimentação; e 4. Análise *a posteriori* e validação.

Na estruturação da SD, adotou-se a TSD para modelar as situações didáticas e adidáticas, bem como para ser usada como lente de análise do processo de aprendizagem das FOO, tendo em vista as etapas ação, formulação, validação e institucionalização. Nesse sentido, para a coleta de dados, foram utilizados teste, protocolos, registros fotográficos e audiovisuais.

## 1.2 Organização da pesquisa

Na seção introdutória desta dissertação, são apresentadas as motivações iniciais da pesquisa, o caminho metodológico adotado, com as fases da EDC, e a organização geral do estudo.

A segunda seção destinou-se às análises prévias do conteúdo FOO, sobre o qual foi feito um levantamento histórico-epistemológico sobre as FO, com o propósito de identificar obstáculos epistemológicos (OBE) definidos por Gaston Bachelard e obstáculos didáticos (OBD) no entendimento de Guy Brousseau, que possivelmente podem estar relacionados às dificuldades conceituais dos estudantes.

As análises contemplaram os documentos oficiais com objetivo de perceber as diretrizes para o ensino de química, tais como a LDBEN (1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCNEM, 2000), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais+ (PCNEM+, 2002), as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM, 2018a), a Base Nacional Comum Curricular etapa do EM (BNCC, 2018b) e o Documento Curricular Referencial da Bahia etapa do EM (DCRB, 2022).

A pesquisa também incluiu uma revisão de literatura sobre o ensino habitual, que visou compreender como o ensino de FOO vem sendo conduzido. Assim, foram apresentados resultados de estudos sobre o ensino das FO, destacando-se alguns OBD. Além disso, foram analisados capítulos de quatro livros didáticos que tratam desse conteúdo, considerando as diretrizes da BNCC para observar aspectos gerais das obras, abordagens históricas e epistemológicas, a utilização e indicação de ferramentas tecnológicas e experimental, bem como a interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento.

A terceira seção refere a fundamentação teórica, iniciada com a Neurociência, na qual foram apresentadas considerações históricas e epistemológicas sobre a origem do cérebro humano, que serviram para a compreensão das funções cognitivas, assim como a atenção seletiva foi considerada nesse estudo sobre a aprendizagem. Além disso, adotou-se o referencial teórico da TIC, visto que são campos de conhecimento pertinentes para subsidiar os estudos sobre a mobilização da atenção seletiva a partir de SD. Nesse sentido, a TSD, nessa engenharia, deu suporte à modelação de situações didáticas e adidáticas de aprendizagem das FOO.

A quarta seção refere-se à concepção e análise *a priori* e destinou-se à elaboração e análise das atividades que constituíram a SD, assim, levou-se em consideração os pressupostos da seção anterior e suas considerações. Tais pressupostos dizem respeito às possibilidades de resposta ou solução do problema das dificuldades de aprendizagem do conteúdo em questão e da falta de atenção dos estudantes.

Para tratar das variáveis macrodidáticas e microdidáticas na elaboração da SD, buscou-se conhecer o campo de investigação, tais como espaços e recursos disponíveis, assim como o público-alvo. A partir disso tudo, pinçaram-se alguns princípios da TSD desenvolvidos por Brousseau (1986), com o objetivo de modelar o processo de aprendizagem das noções de FOO.

Essa teoria considera a tríade (professor, estudante e saber), tendo em vista que o objeto central dela são as situações didáticas construídas com o propósito de provocar modificações no comportamento dos estudantes. A concepção da SD aplicada a esta investigação se valeu das considerações da TSD, essa que tem origem em estudo sobre o ensino e aprendizagem de objetos matemáticos, ou seja, é mais uma teoria da DM oriunda da escola francesa, a favor da aprendizagem.

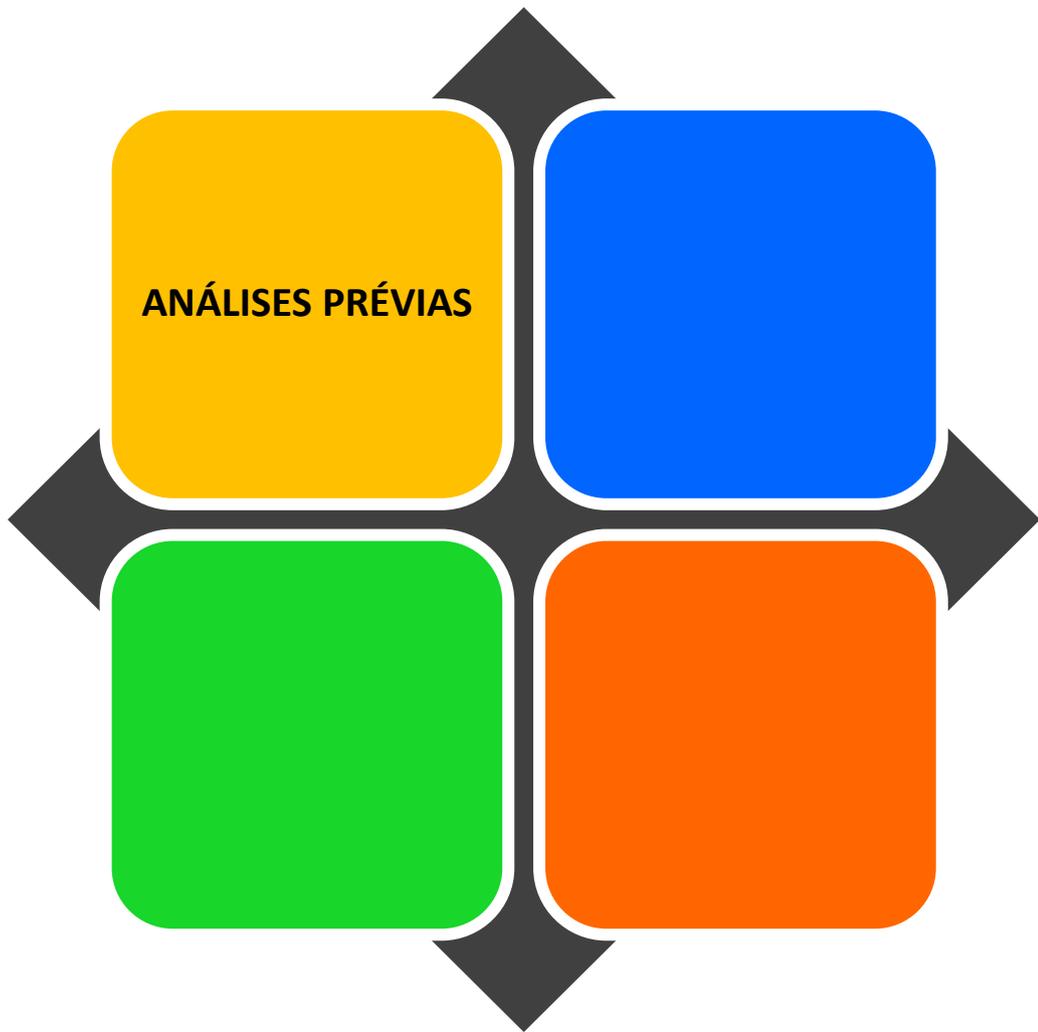
A quinta seção, denominada experimentação, compreendeu a execução da SD em quatro momentos distintos. Para esses momentos, foram planejadas dez atividades que fazem uso de recursos didáticos visuais e digitais. Essa fase da EDC constituiu o campo para coleta de dados, realização de registros escritos e fotográficos, além de recursos audiovisuais e a escuta atenta dos estudantes em relação aos contextos que envolveram o processo de aprendizagem.

Quanto aos produtos dos estudantes, os registros fotográficos, audiovisuais e anotações, nessa seção, foram apresentados recortes e os dados organizados em gráficos e tabela para serem analisados de modo a perceber se o objetivo foi atingido.

A sexta seção foi dedicada à análise dos dados, em um confronto entre a análise *a priori* e a análise *a posteriori*, demonstrando os resultados esperados com a implementação da SD, conforme o que havia sido previsto para cada uma das atividades. Assim, foram identificadas as potencialidades e as fragilidades destas, um exercício fundamental para a validação.

Nessa fase, denominada de análise *a posteriori* e validação, considerando o objetivo desta e ressaltando a necessidade de algumas adequações, principalmente nos recursos avaliativos, foi possível validá-la.

Nesse sentido, afirma-se que, por meio da utilização de recursos didáticos genéricos na SD e fundamentada nos princípios da NC relacionados à atenção seletiva dos estudantes, ao destacar as características das FOO e ao identificar essas características nas atividades de acordo com a TIC, obteve-se, predominantemente, o desenvolvimento do foco atencional em aspectos específicos da aprendizagem. Dessa forma, foi confirmada a maioria das hipóteses para cada atividade, bem como alcançados os objetivos, validando a SD, ainda que, para reaplicação, sejam necessárias melhorias e adaptações de acordo com o grupo de estudantes.



## 2. ANÁLISES PRÉVIAS

### Considerações Iniciais

A Química Orgânica (QO) é um ramo da Química que estuda compostos orgânicos, os quais contêm C. Essa área de estudo é essencial para a compreensão das propriedades, natureza e reações dessas substâncias, que são cruciais para a existência da vida. Além disso, esse campo de estudo desempenha um papel importante na indústria, pois possibilita o desenvolvimento de diversos produtos e materiais, como medicamentos, plásticos, alimentos e combustíveis. Também contribui significativamente para o avanço tecnológico e científico.

A classificação dos compostos em Orgânicos e Inorgânicos, conhecidos atualmente, nem sempre foi organizada dessa forma, como é apresentada nos livros didáticos hoje em dia. Foi sendo estruturada ao longo do desenvolvimento da Química como ciência experimental, em meio às grandes descobertas.

Compreender essa passagem histórica e a construção epistemológica das características que os classificam como compostos orgânicos, apoiando-se na História da Química, é fundamental para tentar responder aos questionamentos lançados pelos estudantes sobre o porquê precisam aprender os conteúdos dessa disciplina escolar e levá-los a superar as dificuldades que enfrentam ao aprender os conteúdos dessa ciência, especificamente às FOO.

Diante disso, as análises prévias foram propícias para compreender os avanços e as dificuldades que permeiam o processo de ensino e aprendizagem desse conceito, além de permitir a estruturação de situações didáticas que favoreçam a mobilização da atenção seletiva. De acordo com Artigue (1988), essa fase da metodologia de pesquisa consiste em levantar considerações sobre o quadro teórico geral e didático construído, além de outras análises consideradas pertinentes para compor o quadro teórico do estudo.

Assim sendo, a construção do alicerce desta investigação inicialmente se debruçou sobre a identificação de OBE em Bachelard (1996), apoiando-se no desenvolvimento histórico-epistemológico das FO e no conceito de FO. Em seguida, foi feita a identificação de OBD definidos por Brousseau (1983), a partir da análise da literatura sobre o ensino habitual e seus efeitos na aprendizagem do conceito, bem como a análise dos efeitos dos recursos didáticos visuais e digitais aplicados à

aprendizagem, as bases teóricas da NC com foco na construção cognitiva de conceitos e estudos teóricos sobre a atenção seletiva.

Portanto, as finalidades desta seção é apresentar as análises histórico-epistemológicas, estrutura didática das FOO e análise de LD, as limitações e avanços no ensino desse tema e refletir sobre a possibilidade de estratégias didáticas para o uso de recursos didáticos genéricos, com o propósito de superar os obstáculos que podem ser possíveis de superação, além das dificuldades de aprendizagem relacionadas à falta de foco atencional.

## 2.1 Contemplações teóricas para a análise epistemológica

Gaston Bachelard (1884-1962) fundou a noção de OBE ao analisar o desenvolvimento histórico do progresso do conhecimento científico das ciências. Ele defende a importância de se afastar de opiniões e sentimentos na formação do espírito científico. Para Brousseau (2008), um obstáculo se manifesta pelos erros, no ato de conhecer, e que os obstáculos não vão desaparecer em razão do estabelecimento de um novo conhecimento.

A noção de OBE é importante para a compreensão da evolução e rupturas do conhecimento das ciências, assim como para a análise do processo de ensino e aprendizagem delas. Por esse viés, os estudos do filósofo francês Bachelard (1996), presentes na obra “A formação do espírito científico”<sup>4</sup>, têm referenciado investigações sobre as análises históricas e epistemológicas de conteúdos, em razão da inauguração da primeira noção e da tipificação de obstáculos.

É no próprio ato de conhecer que a epistemologia se define e se caracteriza como teoria científica, e é contra um conhecimento anterior que o próximo tem base de sustentação para se erguer, a partir da superação da estagnação e da limitação do avanço de um determinado conhecimento.

Apesar de Bachelard não direcionar olhares aos OBE na educação, mas ao desenvolvimento histórico do pensamento e conhecimento científico acerca das ciências, eles estão a serviço da educação para as análises do processo de

---

<sup>4</sup> *La formation de l'esprit Scientifique*, publicada pela primeira vez em 1938, nessa obra, o autor “[...] procede à crítica ao realismo ingênuo ao empirismo e ao racionalismo cartesiano que permeiam os discursos e as práticas científicas” (Lopes, 1993, p. 312).

surgimento e a possibilidade de superação dos obstáculos que obstruem o ensino e a aprendizagem.

Bachelard, ao se referir à noção de obstáculo pedagógico, toma como ponto a prática educativa, ao fazer alusão ao entendimento dos professores de ciências de que o espírito científico começa quando se inicia a aula normatizada. É sabido que o estudante estabelece relações com outros, logo produz conhecimentos empíricos. A posição do autor é de que “não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (Bachelard, 1996, p. 23).

Nesse sentido, em pesquisas, “a análise epistemológica pode auxiliar o pesquisador a ter uma atitude crítica a respeito das concepções que um indivíduo possa construir a partir de sua convivência e de sua vivência com a matemática e suas ferramentas” (Almouloud, 2007, p. 149-150). A análise epistemológica não se limita à matemática, mas aos elementos que constituem a física e a química, como demonstra Bachelard, ao categorizar obstáculos, exemplificando como esses estão presentes nessas ciências.

Como ponto de partida, Bachelard põe em destaque a experiência primeira, um OBE à cultura científica a ser superado, “é pitoresca, concreta, natural, fácil”, caracteriza-se por considerar as primeiras impressões e experiências postas acima da crítica. Além disso, o imediatismo e a beleza dos experimentos, assim como os efeitos ilusórios das imagens, são antepostos a quaisquer explicações científicas. Por isso, tem caráter subjetivo, logo, não há ênfase no espírito científico. Isso quer dizer que, na compreensão de um fenômeno complexo, o empirismo tem lugar de destaque ao trazer explicações simplistas (Lacerda; Brito, 2019).

O segundo da lista, o conhecimento geral, é mais um entrave ao conhecimento científico. Por ser vago e geral, este tipo de obstáculo revela a falsa impressão de que para todas as questões pode ser dada a mesma resposta, desconsiderando assim a particularidade dos detalhes e imobilizando o pensamento. A ideia do geral é intensa a ponto de, em discursos e afirmações, esquecer que em alguns casos cabem exceções e especificidades, apesar de que a generalidade tem espaço no conhecimento científico, contudo, é aplicado a fenômenos particulares (Farias; Simões; Trindade, 2013).

O obstáculo verbal é comum no ensino das ciências devido ao fato de os fenômenos naturais serem expressos por linguagem científica e para expressar o

abstrato. Empregam-se termos concretos, substantivos carregados de significados, associando objetos, ou seja, de forma verbal fazem-se analogias e metáforas para expressar o referido, em “uma *única* imagem, ou até uma única palavra, constitui toda a explicação” (Bachelard, p. 91, 1996; Lopes, 1993).

Outro obstáculo é o conhecimento unitário e pragmático, que tem caráter de unidade e é prático, sem muito esforço, procura um princípio de explicação das diversas atividades naturais, tornando-se manifestações de apenas uma natureza evidente, conforme Bachelard (1996, p. 103), “no século XVIII, a idéia de uma natureza homogênea, harmônica, tutelar apagou todas as singularidades, todas as contradições, todas as hostilidades da experiência”. O mesmo autor, referindo-se ao obstáculo geral, aponta que, das diversas generalizações excessivas, forma-se uma indução pragmática ou utilitária (Andrade; Zylbersztajn; Ferrari, 2000).

O obstáculo substancialista caracteriza-se por atribuir diversas qualidades com a ideia de pertencimento a alguma substância, no sentido de transferir, levando a conclusões equivocadas por estar fora do contexto e do real significado das qualidades (Farias; Simões; Trindade, 2013).

O obstáculo denominado de realista tem o realismo como a única filosofia inata que nos orienta quanto aos nossos pensamentos de senso comum, o que parece ser uma supervalorização de objetos e substâncias a ponto de estabilizar o conhecimento (Bachelard, 1996).

É recorrente no ensino das ciências a presença dos obstáculos animistas. Eles se manifestam nas formas verbal, escrita ou visual (imagem), atribuindo características de ordem biológica, de seres vivos, a objetos inanimados. Talvez haja uma crença de que o estudante compreenda facilmente os fenômenos ao empregar atributos biológicos, ao passo que isso se torna um entrave à formação de outros conceitos (Costa, 1998).

Por último, há as barreiras do conhecimento científico, o obstáculo quantitativo, que se caracteriza pela extrema confiança e valorização da grandeza, a ponto de o “cientista crer no realismo da medida mais do que na realidade do objeto” (Bachelard, p. 262, 1996).

Bachelard caracteriza os OBE amparado em críticas ao período pré-científico, rejeitando a ciência superficial e opinativa que não apresenta fundamentos científicos, assim faz crítica ao materialismo e ao empirismo positivista. É notória a

complementaridade na caracterização dos obstáculos, uma noção de pertencimento e colaboração no processo de estabelecimento desses obstáculos.

A noção de obstáculo pode ser útil para a análise da concepção histórica e epistemológica do conhecimento científico, como fez Brousseau (1983), ao buscar compreender em quais situações, aspectos de interferência e facilidade estão presentes no processo de construção do conhecimento matemático pelo estudante. Inspirado nessa noção e nos pressupostos dos processos cognitivos de equilíbrio e desequilíbrio de Piaget, Brousseau, em pesquisas no campo da DM, investiga a partir da noção de obstáculo o papel do erro e da relação que eles estabelecem.

Ao se referir ao erro, Brousseau afirma que:

O erro não é apenas o efeito da ignorância, da incerteza, do acaso que acreditamos nas teorias empiristas ou behaviorista da aprendizagem, mas o efeito do conhecimento prévio, que teve o seu interesse, os seus acertos, mas que, agora, se revela falso, ou simplesmente inadequado (Brousseau, 1983, p. 171, tradução do autor).

Assim, pode-se afirmar que o erro é resultado de uma ação, ainda que involuntário, mas de ciência da ação de quem o originou, pois o emprego indevido de um teorema ou propriedade de um saber devido à insuficiência de conhecimento que não foi construído gera erro.

Para a aprendizagem, o erro é uma fonte de informação muito importante no ensino, pois ele “[...] resulta de meios inadequados para tomar conhecimento de uma informação e produz representações inadequadas, crenças falsas” (Dutra, 2000, p. 37), esses fatores negativos, quando identificados, podem ser fonte para o ensino a partir de SD.

Além das nuances expressas sobre o erro, das quais consideram como fonte de informação, Brousseau revela as origens dos obstáculos que surgem em um sistema didático, a saber: os obstáculos epistemológicos, os OBD, os obstáculos psicológicos e os obstáculos ontogênicos.

Obstáculos de origem ontogenética são aqueles que surgem devido a limitações (neurofisiológicas entre outras) do sujeito em um momento de seu desenvolvimento: ele desenvolve conhecimentos adequados aos seus meios e seus objetivos nessa idade [...]. Obstáculos de origem didática são aqueles que parecem depender apenas de uma escolha ou de um projeto do sistema educacional [...]. Os obstáculos de origem estritamente epistemológica são aqueles dos quais não se pode, nem se deve escapar, pelo próprio facto do seu papel constitutivo no conhecimento visado. Eles podem ser encontrados na história dos próprios conceitos (Brousseau, 1983, p. 177-178, tradução nossa).

É perceptível a relação do obstáculo ontogênico com os estágios e períodos de desenvolvimento mental da teoria cognitivista de Piaget. A procedência desse

obstáculo, ainda que indiretamente, pode estar ligada de alguma forma às escolhas didáticas em vista do desenvolvimento cognitivo do estudante, assim referindo-se aos OBD, que, na visão de Almouloud (2007, p. 142), esses são comumente “[...] e inerentes à necessidade da transposição didática”.

Considerando os OBE instituídos por Bachelard e os pressupostos teóricos de Brousseau acerca dos OBD, foi feita uma análise sobre a História da Química, na tentativa de identificar barreiras à construção do conhecimento das FOO. Quanto ao ensino, foram identificados os OBD à conceituação. Talvez a ocorrência deles tenha relação com as escolhas dos recursos didáticos ou com as estratégias pedagógicas apresentadas na literatura referente ao ensino habitual desse conteúdo ou a ele relacionado. Nesse sentido, empenhou-se em:

- I. Discorrer sobre o conhecimento a respeito da noção de FO e FOO para compreender sua utilização;
- II. Destacar quais as vantagens que a utilização do conhecimento acima traz em relação ao uso anterior, a quais atividades sociais e técnicas estavam relacionadas, e a quais concepções químicas;
- III. Reconhecer essas concepções em relação com outras possíveis que as antecederam, no propósito de compreender as limitações, as dificuldades e, eventualmente, as causas do fracasso dessa concepção. Se assim for possível, apresentar as razões de um equilíbrio que parece ter durado tempo suficiente;
- IV. Identificar o momento ou período e os argumentos da ruptura desse equilíbrio, para com isso analisar os indícios de resistência à rejeição;
- V. Procurar possíveis ressurgimentos ou retomadas iniciais, talvez de forma semelhante, e razões dela (Brousseau, 1989, p. 45, tradução e adaptado do autor).

Admite-se que discorrer sobre a História da Química com esse propósito acerca da evolução do conhecimento das FOO não é tarefa simples, devido às interpretações divergentes apresentadas sobre a história, quanto aos achados científicos em contexto de interesse social e político das épocas das descobertas, rupturas e contestações.

Tendo em vista a dificuldade desta investigação, com o intuito de atenuar tal risco, optou-se por utilizar fontes confiáveis como base para apresentar a cronologia dos eventos e achados, conforme relatados por autores históricos considerados

relevantes, mesmo que alguns eventos apresentem indícios em vez de autoria específica.

### **2.1.1 Análise histórico-epistemológica das Funções Orgânicas**

As descobertas até o fim da Pré-história ocorreram de forma empírica e prática, sem nenhuma sustentação teórica científica. No princípio do conhecimento químico, a prática interveio a teoria. Sobre isso, dialogando com Bachelard e considerando as afirmações de Gomes (2016), aventura-se afirmar que se trata de um obstáculo de experiência primeira<sup>5</sup>, em que impressão inicial sobre a beleza do fenômeno do fogo e sua aplicação é o suficiente para atender às necessidades da civilização, mesmo sem conhecimento e consciência da constituição e das transformações pelas que os materiais passam.

As manipulações desenvolvidas pelas civilizações primitivas, sobretudo os egípcios e gregos, influenciaram outras civilizações devido à reunião de várias descobertas antes da Era Cristã. Essas manipulações eram acompanhadas de rituais místicos e de magia que faziam parte das bases de conhecimentos da Alquimia<sup>6</sup>.

Os alquimistas corroboraram para os estudos sobre as transformações químicas e a constituição da matéria, assim como os filósofos. No entanto, os conhecimentos dessas áreas, ao mesmo tempo em que avançavam nas aclarações, estagnaram o conhecimento, em virtude da rejeição de novas ideias em detrimento de outras anteriores sem evidências científicas (Silva, 2018; Menezes, 2022).

Nesse sentido, na concepção filosófica do grego Tales de Mileto (640-548 a.C.), segundo Chassot (1994, p. 33), “Tales propôs que a água é o princípio formulador de tudo, sendo assim o primeiro a oferecer uma explicação geral da natureza sem invocar o poder sobrenatural”. Portanto, a água seria o “elemento” básico de que todos os materiais seriam constituídos. Outros “elementos” foram propostos por filósofos, como Anaxímenes (588-524 a.C.), que propôs o ar, seguido de Heráclito (cerca de 540-480 a.C.), propôs o fogo acreditando ser possível apresentar todas as formas. O filósofo Empédocles (485-425 a.C.) considerou que o universo seria formado pelos

---

<sup>5</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE1.

<sup>6</sup> Não há uma definição precisa sobre a origem da Alquimia, pois ela compreende domínios diferentes de doutrina, filosofia e arte, e caracterizava-se por práticas e técnicas realizadas desde a Antiguidade até a Idade Média pela busca da transmutação de metais em ouro e a imortalidade com o elixir da longa vida (Neves; Farias, 2011).

“elementos” água, ar, fogo, e acrescenta o quarto, a terra, em sua concepção. Segundo ele, quando esses elementos estão unidos, tendem a formar outras substâncias por uma força de atração, o amor, e, quando dissociados, estão relacionados a uma força de repulsão, o ódio, o que remete ao entendimento da separação das substâncias. Nesse sentido, a harmonia ou desordem dos quatro “elementos” estão relacionados a sentimentos, o que leva a crer que se trata de um obstáculo animista<sup>7</sup>, sabendo-se que é um conhecimento concebido no campo filosófico (Vidal, 1986).

À medida que a Alquimia foi sendo difundida nas civilizações chinesa, hindu, egípcia, árabe e europeia, os conhecimentos dessas culturas foram sendo agregados às práticas dos alquimistas. Com isso, novas dimensões e funcionalidades foram empregadas a ela.

No século XVI, o alquimista e médico suíço Philipus Aureolus Theophrastus Bombastus Von Hohenheim (1493-1541), considerado um dos contraventores da alquímica, multifacetado, autodenominado Paracelso, uniu os conhecimentos que tinha sobre a medicina popular, a mineralogia e da alquimia para a preparação e uso de compostos químicos no tratamento de enfermidades em indivíduos pobres, um campo de conhecimento que ele denominou de quimiatria ou iatroquímica, o equivalente à química medicinal.

Segundo Porto (1997), Paracelso via o homem como microcosmo, ou seja, considerado um pequeno corpo do Universo que precisava também ser estudado pela alquimia. A partir dessa compreensão, ele rejeitou a “cura pelos contrários” e defendeu a “cura pelos semelhantes”, dos quais ele se referiu aos minerais e metais, a alquímica dos medicamentos.

Na teoria paraceltista da matéria, a constituição dos objetos da natureza seria formada de três princípios fundamentais: enxofre, mercúrio e sal<sup>8</sup>. Cada um representaria características da matéria, conforme destacado por Porto (1997).

O *enxofre* tornaria os corpos mais, ou menos, combustíveis, e lhes daria substância e estrutura. O *mercúrio* daria aos corpos fluidez, elasticidade e volatilidade. O *sal* forneceria cor, solidez e imutabilidade à matéria. Paracelso acreditava que esta real composição dos corpos podia ser demonstrada pelo trabalho em laboratório, com a utilização do fogo. Além disso, de acordo com Paracelso, *os três princípios* não seriam os mesmos em todos os objetos, mas difeririam em qualidade (Porto, 1977, p. 570).

---

<sup>7</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE2.

<sup>8</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE3.

Além de Paracelso, outro médico e alquimista que ganhou destaque na primeira metade do século XVII ao ampliar os estudos de seu antecessor na ciência tradicional e a magia, fazendo conexões com Química e Medicina, foi o belga e fisiologista Joan Baptista Van Helmont (1579-1644). Ele considerou os elementos experimentais e quantitativos relevantes para explicar a matéria, ao passo que desconsiderou aspectos filosóficos e discordou de as concepções elementares de formação de outras substâncias serem constituídas dos quatro “elementos” e sobre serem as causas imediatas das doenças.

No século XVIII, a química passa de uma fase obscura e ganha força no século do Iluminismo. Os químicos se valem das descobertas do século anterior para estruturar essa ciência, tornando-a moderna, com a introdução de investigações mais sistemáticas, qualitativas e teóricas, motivados por questões sociais, políticas e comerciais existentes à época.

Sobre esse período de desordem na química, Neves e Farias (2011) citam as palavras de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), referindo-se à experiência como estudante:

Fiquei surpreso ao ver quanta obscuridade cercava as abordagens da ciência. Durante as primeiras etapas, eles começavam supunho, em vez de provar. Apresentavam palavras que não estavam em condições de definir para mim, ou que só conseguiam definir recorrendo a conhecimentos que me eram absolutamente estranhos, e que só poderia adquirir estudando toda a química. Assim, ao começarem a me ensinar a ciência, eles supunham que eu já a conhecesse.

Conseguí adquirir uma idéia clara e precisa do estado a que a química chegara naquela época. Mesmo assim, era verdade que eu passara quatro anos estudando uma ciência que se baseava em poucos fatos [sic], que essa ciência se compunha de ideias absolutamente incoerentes e suposições não provadas, que não tinha um método de instrução, e que não havia sido afetada pela lógica da ciência. Foi àquela altura que percebi que teria de começar todo o estudo da química de novo (Neves; Farias, 2011, p. 48-49).

O relato desse químico francês aponta seu interesse ao tentar superar o obstáculo verbal que a teoria do flogisto tinha estabelecido. Lavoisier conduziu experimentos precisos e controlados, utilizando balança de alta precisão para medir a variação da massa das substâncias (metais, enxofre e fósforo) antes e depois da combustão. Em suma, os resultados dos experimentos apontavam para manutenção da massa das substâncias após a combustão, relevando mais tarde que a combustão ocorre na presença do O, contradizendo todas as afirmações diferentes para a combustão. Quanto à cal metálico resultante de metais com referência à teoria do flogisto, tratava-se de uma reação química de geração de uma nova substância.

Deve-se a Lavoisier a descoberta dos elementos químicos constituintes da água e do ar. Antes disso, esses eram considerados pelos filósofos gregos como dois dos quatro elementos formadores da matéria. Mais tarde, Van Helmont considerou a água como uma substância elementar que não podia ser decomposta. Assim, esses entraves foram sendo superados com os trabalhos de Lavoisier no final do século XVIII e início do século XIX, com as denominadas leis ponderais, que abriram caminho para os químicos investigarem minuciosamente o comportamento e a natureza microscópica dos elementos nas reações químicas. Esse novo modelo de conduzir as pesquisas marca uma mudança de paradigma da Química em relação à constituição da matéria<sup>9</sup>.

Nesse contexto, entre os anos 1801 e 1808, o inglês John Dalton<sup>10</sup> (1766-1844), ao conduzir estudos sobre os fenômenos atmosféricos, em específico, a água no estado de vapor contida na atmosfera e a solubilidade dos gases atmosféricos em água, e ao buscar explicações para as propriedades dos gases, recorreu à teoria filosófica atomismo, dos gregos Leucipo e Demócrito, influenciado pelas ideias de Isaac Newton, que pensava a constituição da matéria em diferentes partículas menores, sendo que a união dessas formaria as maiores. Assim, Dalton interpretou os dados coletados em seus experimentos e propôs a teoria atômica, na qual os átomos se diferenciam pelo peso (massa), devido às quantidades de átomos nos compostos (Filgueiras, 2004).

Em 1803, Dalton revela representações dos símbolos atômicos, como mostrados na Figura 1, fórmulas atômicas e pesos sobre o que ele denominava de “partículas últimas” ou átomos. Além disso, em seus registros feitos em laboratório, os princípios de sua teoria atômica, como é conhecida hoje, são citados por Filgueiras (2004):

- a matéria é constituída por partículas últimas ou átomos;
- os átomos são indivisíveis e não podem ser criados nem destruídos (*Princípio de Conservação da Matéria* - Lavoisier);
- todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos e apresentam o mesmo peso;
- átomos de elementos diferentes têm pesos diferentes;
- os compostos são formados por um número fixo de átomos de seus elementos constituintes (*Lei das Proporções Fixas* - Proust);
- se existir mais de um composto formado por dois elementos diferentes, os números dos átomos de cada elemento nos compostos guardam entre si uma razão de números inteiros (*Lei das Proporções Múltiplas* - Dalton) - podemos

---

<sup>9</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE4.

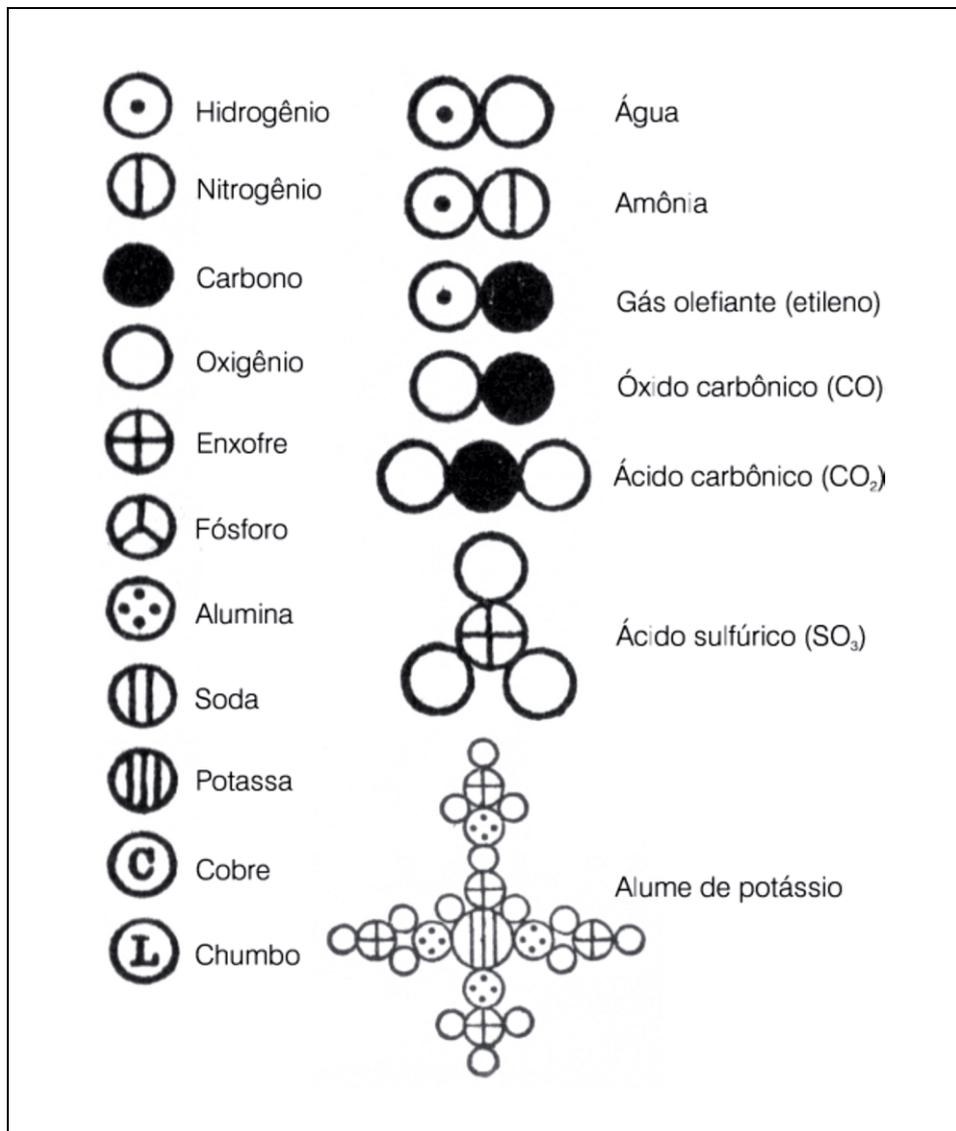
<sup>10</sup> Em 1792, ele descobriu o daltonismo, discromatopsia, trata-se de uma disfunção da visão na percepção das cores.

aplicar este princípio em muitos exemplos, como nos óxidos de ferro,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;

- o peso do átomo de um elemento é constante em seus compostos - se  $a$  reagir com  $b$  para formar  $ab$  e  $c$  reagir com  $d$  para formar  $cd$ , então se  $ab$  reagir com  $cd$  os produtos serão  $ad$  e  $cb$  (*Lei das Proporções Recíprocas - Richter*), (Filgueiras, 2004, p. 5).

Dalton foi o primeiro a estruturar uma teoria atômica que estivesse no arcabouço teórico científico, pautado na experimentação com emprego de balança precisa e métodos de cálculos matemáticos. No entanto, essa teoria não foi aceita de imediato pelos pares, ela provocou grandes discussões e somente por volta da segunda metade do século, químicos e físicos começaram a aceitá-la, ao perceberem que os princípios que a constituem são plausíveis.

Figura 1 - Versão elaborada dos símbolos criados por Dalton para os elementos e seus compostos



Fonte: Filgueiras (2004).

O modelo atômico de Dalton teve um papel importante na evolução da Química, ao fomentar pesquisas que resultaram nas descobertas de outros elementos químicos, na modernização do sistema simbólico, no recálculo dos pesos atômicos, na classificação dos elementos conhecidos, nas formas de representação das moléculas atômicas e nos tipos de ligações, na classificação dos compostos, além de outras características pertinentes às reações químicas e investigações a nível microscópico da estrutura atômica da matéria.

Nesse século, além do marco da teoria atômica, destaca-se um avanço nos estudos da QO com o sueco e adepto da teoria atômica de Dalton, Jöns Jacob Berzelius (1778-1848). Esse químico desenvolveu a teoria eletroquímica, publicada em 1811, e a teoria corpuscular. Tendo em vista algumas restrições no modelo atômico quanto ao comportamento das substâncias diante da eletricidade e da formação de “átomos compostos”<sup>11</sup>, Berzelius se espelhou nos trabalhos de Humphry Davy (1778-1829) sobre eletrólise, ao isolar o potássio, o sódio, o cálcio, o magnésio, o bário e o estrôncio. Ele concluiu que os átomos apresentariam carga elétrica positiva e negativa, com exceção do O, que teria apenas carga negativa. Tal generalização é um impasse no desenvolvimento do conhecimento científico. Além dessas contribuições, Berzelius apresentou um aprimoramento do sistema de símbolos do modelo proposto por Dalton para representar os átomos e “átomos compostos”, usando letras e números que facilitassem a representação.

Desde a Antiguidade, já se tinha conhecimento das substâncias de origem natural, tais como o corante índigo, a celulose, ácidos obtidos do leite azedo (ácido láctico) e do limão (ácido cítrico), processo de fermentação de pães e de uvas, conservação de alimentos e embalsamentos de cadáveres, dentre outros que foram sendo agregados a outras descobertas durante toda a Idade Média. Até que, no século XVIII, entre 1769-1786, o químico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) se dispõe a separar substâncias orgânicas. É dele a descoberta do O em 1771, porém a divulgação deu-se em 1777, muitos anos depois de Priestley.

Nesse século, pouco se sabia sobre as propriedades e a composição da matéria de origem orgânica, pois se restringia a obtenção de compostos orgânicos, principalmente os medicinais (farmacológicos), para serem aplicados na medicina.

---

<sup>11</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE5.

Entre 1777 e 1780, o também sueco Torbern Olof Bergman (1735-1784) foi o primeiro a atribuir à “química animal e vegetal” o termo orgânico e à “química mineral” o termo inorgânico, distinguindo os compostos. No entanto, o creditado pela designação de QO é atribuído a Berzelius, em 1807, que acredita que somente os organismos vivos, animais e vegetais, seriam capazes de produzir os compostos orgânicos, tais como a urina, gorduras, açúcares e outros, pois esses organismos seriam possuidores de uma “força vital”<sup>12</sup>.

Conforme Lisboa (2016),

Berzelius foi o responsável por difundir no meio científico a **Teoria do Vitalismo**, segundo a qual os processos nos quais a vida é desencadeada surgiriam a partir dos materiais que estão presentes nos seres vivos e de um conteúdo não material que não poderia ser criado pelo ser humano. Esse conteúdo não material foi chamado de **força vital**.

A Teoria da Força Vital era um empecilho para o desenvolvimento da Química Orgânica, pois acreditava-se que somente a partir de organismos vivos seria possível extrair substâncias orgânicas. De acordo com Berzelius, a força vital é inerente à célula viva e ninguém poderia criá-la em laboratório (Lisboa, 2016, p. 11).

Amplamente aceita pelos químicos da época, essa teoria perdurou por muitos anos, porém obstruiu o desenvolvimento do conhecimento científico sobre a QO, uma vez que não se justifica o uso do termo força para se referir a uma propriedade dos compostos orgânicos, mesmo que não se soubesse do que se tratava, seria inoportuno retomar tal analogia diante das descobertas da época.

O mistério que difere as substâncias orgânicas das inorgânicas foi revelado em 1828 pelo químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), um ex-aluno de Berzelius, em laboratório e de forma acidental. No intuito de obter cianato de amônio ( $\text{NH}_4(\text{CNO})$ ), Wöhler usou cianato de chumbo ( $\text{Pb}(\text{CNO})_2$ ) com hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) e, na presença de calor, obteve cianeto de amônio, tratou cianeto de chumbo com hidróxido de amônia e como produto obteve um material sólido que apresenta propriedades diferentes dos cianatos, assim conseguiu sintetizar a ureia a partir do aquecimento do cianato de amônio, (composto inorgânico). Essa descoberta está representada no esquema da Figura 2 (Brown *et al.*, 2016).

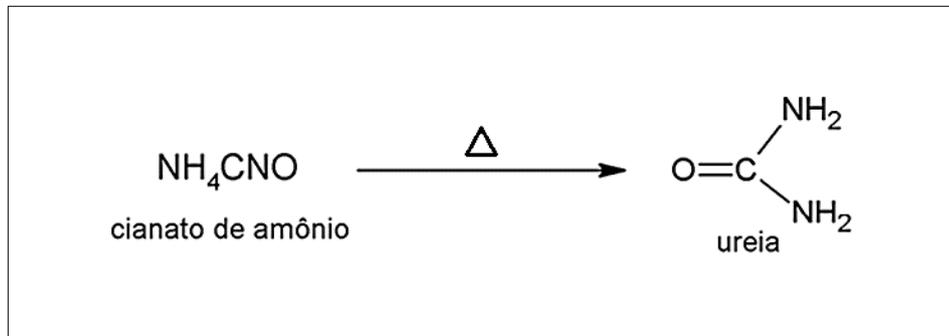
A partir dessa descoberta, outras sínteses foram feitas com o objetivo de comprovar a síntese realizada por Wöhler e superar o obstáculo da teoria da Força Vital. Um desses experimentos foi a síntese do ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) a partir de

---

<sup>12</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE6

uma substância inorgânica, realizada pelo químico alemão Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884), em 1845 (Neves; Farias, 2011).

Figura 2 - Representação da reação de síntese da ureia



Fonte: O autor (2024).

Mesmo comprovando que era possível sintetizar uma substância orgânica a partir de uma inorgânica, ainda havia muitos questionamentos sobre a constituição dos compostos orgânicos que precisavam ser esclarecidos. Esses compostos apresentam uma propriedade em comum, a presença de átomos de C formando cadeias. Embora o uso desse elemento fosse conhecido há muito tempo, somente em 1789 ele foi denominado de C por Lavoisier e reconhecido como elemento químico (Peixoto, 1997).

Cabe salientar que existem algumas substâncias que são classificadas como orgânicas, as quais apresentam um átomo de C, tais como o metano (CH<sub>4</sub>) e o metanol (CH<sub>3</sub>OH), porém não formam cadeias carbônicas. Da mesma forma, há substâncias que contêm átomo de C, mas são estudadas pela Química Inorgânica (QI), como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), o ácido cianídrico (HCN) e os carbonatos.

As descobertas não param por aqui. Em 1850, o químico alemão August Wilhelm von Hofmann (1818-1892), analisando a molécula de amônia, percebeu que os átomos de hidrogênio (H) que a compõem poderiam ser substituídos pelo mesmo número de radicais, ou seja, três outras aminas. Ainda no mesmo período, o também químico inglês Alexander William Williamson (1824-1904) conduziu algumas comparações observando as propriedades das substâncias água, álcool e éter, chegando à conclusão de que o O está sempre combinando com dois radicais, ou

seja, tem a capacidade de duas ligações. Assim, em 1852, ele propôs o termo basicidade, que posteriormente seria denominado valência (Menezes, 2022).

Em 1852, o químico inglês Edward Frankland também investigou radicais orgânicos e percebeu que eles se combinam por uma quantidade fixa de radicais. Assim, ele propôs uma classe de compostos químicos que denominou de organometálicos, pois notou uma regularidade nas combinações entre os radicais dos metais e dos orgânicos (Lisboa, 2016).

A identificação dessa irregularidade nos estudos desses químicos foi relevante para o estabelecimento de uma nomenclatura e de uma concepção de valência, considerando que foram utilizados os termos *basicidade*, *atomicidade* e *valência*, em tempos diferentes.

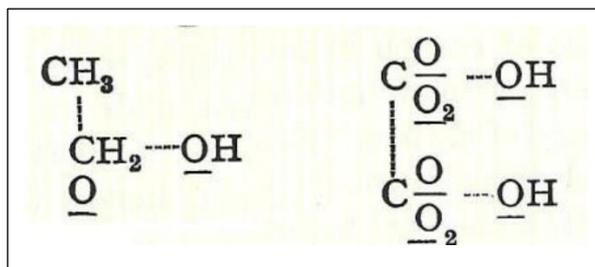
Quando o termo usado era basicidade, os elementos eram classificados usando-se um prefixo designativo de um numeral, seguido pela palavra básico, ou seja, monobásico, dibásico, e assim por diante. Quando o termo empregado era atomicidade, a classificação se dava usando o prefixo de numeral seguido da palavra atômico, ou seja, monoatômico, diatômico, e assim por diante. Quando o termo escolhido passou a ser valência, ou um de seus correlatos (equivalência e quantivalência), houve duas nomenclaturas. Em uma delas, o prefixo de numeral era seguido do radical *valente*, ou seja, univalente, bivalente, etc., nomenclatura que foi apresentada e utilizada pela primeira vez por August von Hofmann (1818 – 1892) em 1865, e é usada até os nossos dias. A segunda nomenclatura foi proposta por William Odling (1829 – 1921) em 1864, utilizando os termos *mônada*, *díade*, *triade*, e assim por diante, termos mais relacionados (Nogueira; Porto, 2019, p. 119).

O termo atomicidade, utilizado em 1857 pelo alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896), não apresentava o mesmo sentido que tem hoje, empregava-se para se referir à afinidade entre os elementos. Atualmente, é empregado para designar a quantidade de átomos em uma molécula. No ano seguinte, esse alemão passou a utilizar em seus trabalhos o termo valência, do latim, "*valens*", que significa "força". Isso remete à ideia de que entre dois elementos há um poder, uma combinação de forças. Isso ocorreu depois de Kekulé ter percebido a combinação do C com quatro radicais. Assim, ele notou no tipo metano e, diante disso, o C foi designado como tetravalente; o O, divalente ou bivalente; e o H, univalente. Kekulé propôs que os átomos de C podem ligar-se.

No período de 1857 e 1858, em meio às identificações quanto à regularidade e à evolução de valência, Kekulé e o escocês Archibald Scott Couper (1831-1892), que na França desenvolviam estudos dessa natureza, postularam regras gerais de valência que configuram o C como a capacidade de formar cadeias, assim como são constituídos os compostos orgânicos. A partir desses entendimentos, surge a teoria

estrutural. O químico britânico Couper foi o primeiro a representar fórmulas químicas estruturais da disposição dos átomos na molécula de maneira moderna à época, para isso ele recorreu a um diagrama de traços, como os mostrados na Figura 3 para o álcool e ácido oxálico (Sutton, 2008).

Figura 3 - Estruturas moleculares de Couper para o álcool e ácido oxálico, usando símbolos elementares para átomos e linhas para ligações (1858)

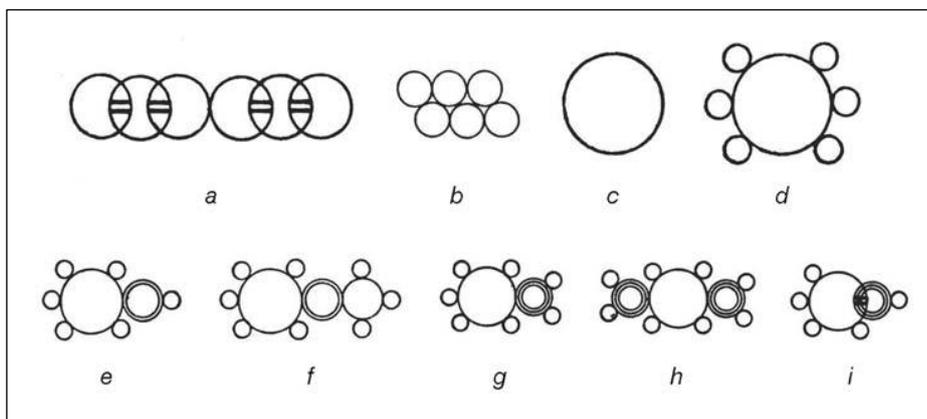


Fonte: Couper (1858) *apud* Pagliaro (2019).

A década de 1860 foi marcada pelo conhecimento de muitas substâncias orgânicas, devido ao aperfeiçoamento das análises químicas diante das técnicas de análise disponíveis. Surgiu também a necessidade de uma representação que desse conta de explicar e superar as limitações<sup>13</sup>. O químico Alexander Drum Brown (1838-1922) ficou conhecido ao dar continuidade aos estudos de Couper sobre a notação de valência. Essa representação foi importante para aprimorar os estudos de QO. Dmitri Mendeleev (1834-1907) valeu-se dela para a classificação periódica. Johann Loschmidt (1821-1895) propôs uma outra forma de representação, publicada em 1861. Ele se inspira nos modelos atômicos de Dalton para representar compostos orgânicos como os mostrados na Figura 4, “[...] os átomos de C como círculos; os átomos de H como círculos menores; os átomos de O como dois círculos inscritos; e o N como três círculos inscritos” (Neto, 2007).

<sup>13</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE7.

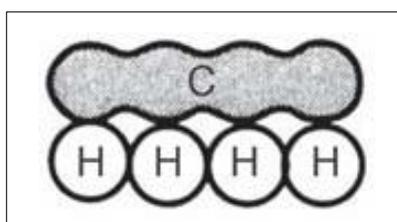
Figura 4 - Representação de Johann Loschmidt para compostos orgânicos



Fonte: Neto (2007, p. 19).

Na notação proposta por Kekulé, o átomo de C é representado de modo a revelar as suas valências. Seu formato é semelhante a uma salsicha, contendo quatro esferas, como exemplificado na Figura 5. Já os quatro H para o metano representado são círculos com o símbolo H no centro, que estão unidos entre si e às valências do C.

Figura 5 - Representação de Kekulé para o metano



Fonte: Nogueira e Porto (2019).

Há compostos orgânicos que apresentam a mesma composição química, porém com propriedades diferentes<sup>14</sup>. Também apresentam representações estruturais diferentes, como é o caso do ácido etílico (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) e do éter dimetílico (CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>). Em 1831, esse fenômeno foi denominado de isomeria por Berzelius, depois que os químicos Justus von Liebig (1803-1873), ao analisarem as propriedades do fulminato de prata (AgCNO) e Wöhler, ao investigar o cianato de prata (AgCNO), verificou que sua composição é idêntica ao composto analisado por Liebig. Este

<sup>14</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE8.

contestou o achado de Wöhler, acreditou que isso não seria possível. Assim como ele, outros químicos da época também acreditaram que teria sido erro na análise.

Pela lógica do conhecimento preestabelecido, as substâncias, ao apresentarem propriedades diferentes, também deveriam apresentar composições diferentes. No entanto, a contraprova veio quando Liebig, ao dispor de amostra de cianato de prata, confirmou a mesma composição para as duas substâncias.

Não o bastante para superar tal OBE, Camel, Koehler e Filgueiras (2009), referindo-se ao químico russo Alexandre Mikhailovich Butlerov (1828-1886), declaram que:

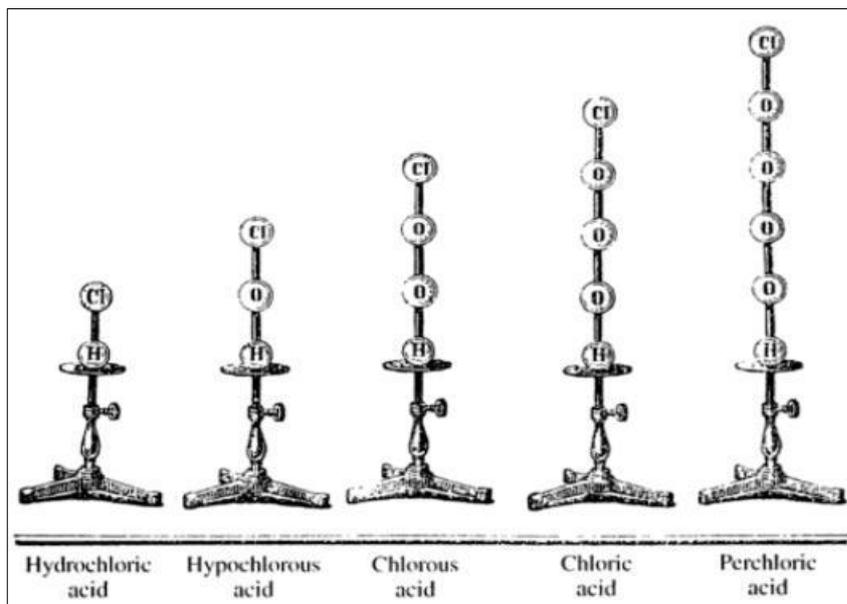
Ele afirmou que o estudo físico das moléculas, ao invés do estudo químico de reações, era o melhor meio para conquistar um conhecimento sobre a constituição das moléculas. Butlerov foi capaz de descobrir os álcoois terciários e de explicar e prever os numerosos casos de isomeria de constituição dos esqueletos de hidrocarbonetos possuindo o mesmo número de átomos de carbono. Butlerov introduziu o termo *estrutura química* em 1861, em um congresso de Química em Speyer, na Alemanha,<sup>65</sup> no qual apresentou sua famosa comunicação: *Algumas reflexões considerando a estrutura química dos compostos* (Camel; Koehler; Filgueiras, 2009, p. 550).

A construção do conhecimento sobre a estrutura química foi relevante para o amadurecimento da ideia de valência e ligação química, além de despertar o interesse dos químicos para as pesquisas sobre a estrutura da disposição espacial de átomos e moléculas de compostos orgânicos e inorgânicos.

A primeira apresentação física bidimensional de arranjo espacial de moléculas foi imputada a von Hofmann, em 1865, durante uma palestra na *Royal Institution of Great Britain*, em Londres, usando estruturas construídas com bolas de jogo *croquet*, correspondendo os átomos dos elementos, distinguindo-as por diferentes cores.

Essas bolas eram parafusadas a braços metálicos correspondentes às valências de combinações dos átomos, como mostrado na Figura 6. Hofmann se apoiou na teoria estrutural para demonstrar as transformações do ácido clórico (HCl) em ácido hipocloroso (HClO), ao adicionar uma bola (átomo de O), e a essa estrutura mecânica a adição de mais um O teria o ácido cloroso (HClO<sub>2</sub>), para o ácido clórico (HClO<sub>3</sub>) mais um O, e, por fim, a transformação do HClO<sub>3</sub> em ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) com a adição de mais outro O.

Figura 6 - Representação de moléculas em estruturas mecânicas da transformação de ácidos por Van Hofmann, em 1865



Fonte: Acessada da obra de Knight (1998).

Além dessas estruturas, Van Hofmann também representou outras que demonstram a formação e transformação das moléculas, como o metano ( $\text{CH}_4$ ), etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), pentano ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), etc. Notam-se limitações nas representações pelo fato de apresentarem apenas duas dimensões. Além disso, os químicos da época não aceitavam os modelos, pois foram pautados especificamente na teoria estrutural e em conceitos empíricos, tidos como insuficientes para serem considerados científicos, ademais, os modelos são fixos<sup>15</sup> e não representavam a química real, sendo recursos visuais que tentavam explicar a complexidade das composições das estruturas moleculares das substâncias orgânicas.

A superação desse OBE da representação espacial da estrutura dos compostos orgânicos deu-se a partir de 1879, com a criação de modelos tridimensionais graças às descobertas da estereoquímica.

Conforme afirma Rosa (2012), o atraso nas descobertas e no desenvolvimento do conhecimento da composição e da estrutura dos compostos orgânicos pode estar relacionado com as considerações dadas aos princípios de origem filosófica, o que descaracterizaria novas possibilidades de investigação e de origem técnica, em razão

<sup>15</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE9.

da falta de conhecimentos indispensáveis para saber a composição e a representação dos compostos.

Ainda que os químicos resistissem às explicações empíricas da representação molecular, eram essas que conduziam respostas aos entraves e às inquietações, sob constantes tentativas e erros. Na falta de uma tecnologia avançada na época, tal como o obstáculo de como representar a molécula do benzeno, esse composto orgânico foi descoberto em 1825 pelo químico Michael Faraday (1791-1867), no gás usado para iluminação de Londres.

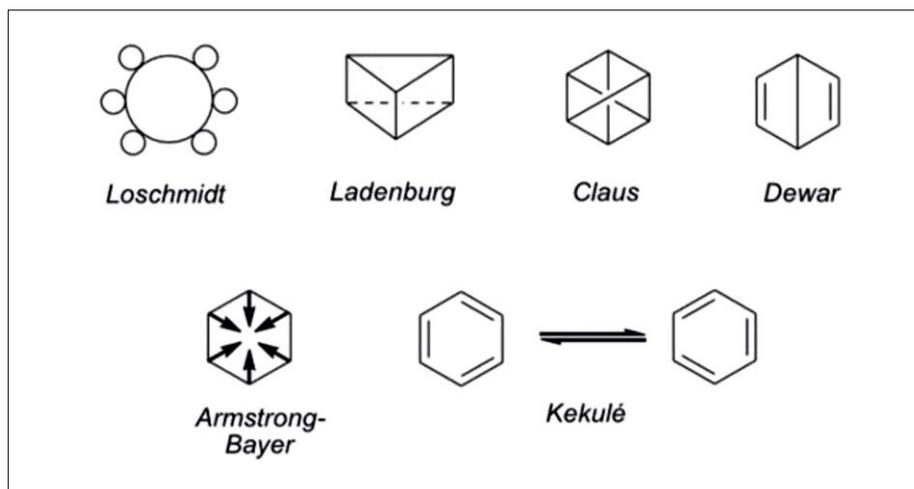
No ano de 1834, o químico Eilhardt Mitscherlich desvendou a fórmula molecular e revelou um entrave à representação “como seis átomos de C poderiam estar associados a somente seis átomos de H – fórmula empírica  $C_6H_6$  -, numa substância altamente estável e resistente a muitos ataques por combinação química” (Neto, 2007, p. 17), observando a tetravalência dos C.

A compreensão que se tinha sobre a estrutura dos compostos orgânicos era de que seriam formados apenas por cadeiras abertas. Esse pensamento consistia em uma limitação ao próprio pensamento e à evolução de outros modelos explicativos. Se esse composto fosse representado em cadeia desse tipo, teria que apresentar ligações duplas e triplas, o que apresentava elevada insaturação, logo, não condiz com as propriedades desse composto.

Entre os anos de 1858 e 1861, foram propostas várias fórmulas estruturais, como a de Loschmidt, mostradas na Figura 7, e por Couper, no entanto, não foram aceitas, pois não havia comprovações experimentais. O desfecho desse enigma foi revelado por Kekulé, em 1865, durante um sonho quando cochilava à frente da lareira. Nele, os átomos formam cadeias longas e pequenas que saltavam à sua frente com movimentos rotatórios e retrocedendo como se fossem cobras. De repente, notou que a cobra tinha agarrado a própria cauda. Ao despertar, passou a noite tentando entender o que tinha acontecido no sonho.

Kekulé interpretou o sonho e chegou ao entendimento de que o benzeno seria formado por cadeia fechada. Assim, entre 1865 e 1866, ele propôs a representação da estrutura da molécula desse composto em formato de hexágono com ligações simples e duplas alternadas entre os C. No entanto, outros modelos foram esquematizados antes de chegar ao modelo apresentado na Figura 8.

Figura 7 - Representações estruturais para o benzeno



Fonte: Caramori; Oliveira (2009, p. 1873).

A partir dos estudos de Albert Ladenburg (1842-1911) sobre a proposta de existência de dois isômeros de substituição na estrutura hexagonal para o benzeno, tornou-se relevante para explicar a proposta feita por Kekulé, em 1872. Esses estudos mostraram a equivalência dos seis átomos em um mecanismo oscilatório das valências do anel benzênico<sup>16</sup> (Neto, 2007).

Em 1887, o químico Johann Friedrich Adolf Von Baeyer (1835-1917) apresentou estudos sobre as tensões em anéis aromáticos decorrentes das ligações entre os C. A partir desse ponto de vista, várias hipóteses foram propostas em relação à estabilidade das moléculas e às forças de atração entre os átomos.

O final do século XIX é marcado pela incorporação da tridimensionalidade das moléculas à teoria estrutural de Kekulé. Jacobus Henricus Van'Hoff (1852-1911) e Joseph Achilile Le Bell (1847-1930) sugeriram a existência de um C assimétrico em compostos orgânicos, atribuída essa assimetria à atividade óptica apresentada em compostos de C. Assim, foram lançadas as ideias de C tetraédrico e de isomeria espacial (Silva, 2018).

Para situar, é importante frisar que, em 1897, o elétron foi descoberto pelo físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), que criou um modelo com partículas subatômicas. Essa descoberta permitiu superar a limitação nas representações subatômicas<sup>17</sup> das ligações químicas, com as contribuições de Gilbert Newton Lewis

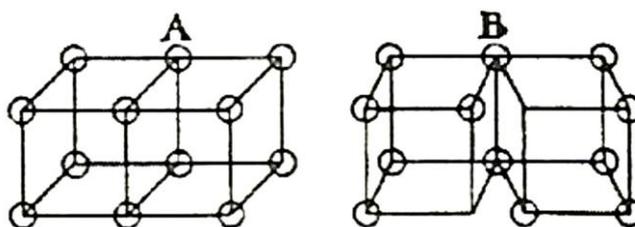
<sup>16</sup> Na concepção de Menezes (2022), a associação da representação estrutural do benzeno por Kekulé, a qual remete a imagem de um anel, reside um obstáculo epistemológico conforme Bachelard (1996).

<sup>17</sup> Identifica-se um obstáculo epistemológico decodificado por OBE10.

(1875-1946) e de Walther Kossel (1888-1956), além de impulsionar o desenvolvimento das teorias atômicas e das representações espaciais das moléculas nas primeiras décadas do século XX.

Em 1916, Lewis publicou um artigo denominado “*the atom and the molecule*” em que apresentava considerações sobre a classificação e as propriedades das substâncias químicas em polares, não polares ou apolares, em razão das interações eletrônicas nas camadas mais externas dos átomos. Nesse modelo teórico sobre as ligações químicas, Lewis descreve o compartilhamento de elétrons como a formação de um par de elétrons entre dois átomos cúbicos. Dessarte, ele representou os átomos em seu artigo, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Representações das formações de ligações entre átomos cúbicos de Lewis



Fonte: Lewis (1916).

Lewis viu nos oito vértices de um cúbico a possibilidade de representar a estabilidade dos átomos com a formação das ligações por compartilhamento dos vértices. Essa teoria foi amplamente divulgada. O conceito de ligação química ganhou força a passo de surgirem modelos atômicos esféricos, além dos que já estavam sendo desenvolvidos na época, nos trabalhos de Rutherford e Bohr.

As descobertas nos últimos séculos foram relevantes para explicar a classificação e a composição dos compostos orgânicos, as interações que ocorrem entre os átomos e as formações das moléculas, as quais contribuíram para o desenvolvimento de novos compostos nas áreas produtivas da sociedade, na indústria petroquímica, de combustível, defensivos agrícolas, medicamentos, plásticos, cosméticos e demais produtos químicos responsáveis pela modernização da sociedade e fortalecimento das economias.

A QO é uma área da Química que se dedica ao estudo dos compostos do C. Esse elemento químico está presente na formação das cadeias, combinados a outros elementos organógenos, como o O, N, H e os halogênios. Devido a essa característica

marcante, essa parte dessa ciência é conhecida como a Química do C. É importante salientar que existem compostos que apresentam C em sua composição, mas não são classificados como orgânicos, como carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ), que são exemplos de compostos intermediários.

De acordo com Brown *et al.* (2016), estima-se que se tenha conhecimento de mais de 16 milhões de compostos orgânicos. Portanto, é pertinente organizá-los em classes funcionais, que consistem em um conjunto de substâncias que apresentam similaridade em sua composição, estrutura e propriedades químicas. Para cada classe funcional, existem grupos de átomos característicos e específicos que definem os grupos funcionais de uma determinada classe de compostos orgânicos.

A classe dos hidrocarbonetos compreende as substâncias com as FO mais simples, uma vez que são formadas exclusivamente por átomos de C e H. Os átomos de C se ligam uns aos outros para formar cadeias estendidas e estáveis por meio de ligações simples, duplas e triplas. Por conta dessas características, esses compostos são agrupados em: alcanos, cicloalcanos, alcenos, cicloalcenos, alcadienos, alcinos e aromáticos (Santos, Mól, 2013).

Os alcanos são hidrocarbonetos de cadeia aberta em que os C estão unidos por ligações covalentes simples - saturadas, e apresentam fórmula geral  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ . No caso dos cicloalcanos, são isômeros dos alcenos, que se diferem na representação da cadeia carbônica fechada e apresentam fórmula geral  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

É característico dos alcenos a cadeia aberta com uma ligação dupla, enquanto os cicloalcenos também apresentam uma ligação insaturada, mas a cadeia é fechada e sua fórmula geral é  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . O grupo dos alcadienos caracteriza-se pela cadeia aberta com duas ligações duplas, reduzindo o número de H na cadeia e apresentando a mesma fórmula geral do cicloalcenos.

Os alcinos são reconhecidos pela presença de uma ligação tripla em suas cadeias abertas, de fórmula geral  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . Por fim, o grupo dos aromáticos apresenta cadeia fechada com três ligações simples e três duplas intercaladas, como mostra a Figura 8, a representação de Kekulé para o benzeno.

Nesse formato, os compostos de hidrocarbonetos são organizados em dois grandes grupos: os alifáticos de cadeia aberta e fechada, contendo ligações duplas e triplas; e o segundo grupo dos aromáticos, com características bem definidas por cadeias fechadas.

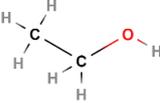
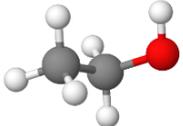
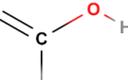
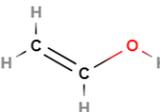
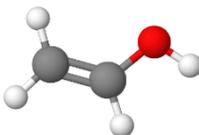
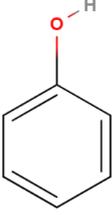
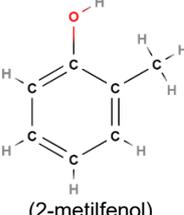
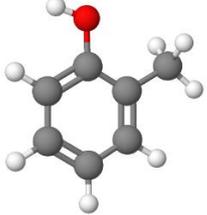
Os hidrocarbonetos são uma classe de compostos orgânicos essenciais para os grupos funcionais oxigenados, nitrogenados e halogenados. As funções oxigenadas se caracterizam pela presença de átomos de C, H e um ou mais átomos de O, que se combinam na formação de moléculas que conferem propriedades específicas para identificar a função, destacando-se os grupos funcionais: álcool, enol, fenol, éter, aldeído, cetona, ácido carboxílico, éster, dentre outras, que estão ligados à cadeia carbônica da substância, a qual pode apresentar mais de um grupo funcional (Lisboa, 2016).

Na compreensão de Feltre (2008),

Os grupos funcionais oxigenados estão presentes em uma **infinitude de compostos** de grande importância biológica, como, por exemplo: no amido dos cereais, nos óleos dos vegetais, na gordura dos animais, nas bebidas alcoólicas etc. Além disso, estão presentes também em essências, perfumes, plásticos, fibras têxteis sintéticas e no álcool como combustível para automóveis (Feltre, 2008, p. 86).

Atribui-se essa diversidade de compostos oxigenados aos hidrocarbonetos, pois eles são a base para a substituição de um ou mais átomos de H por grupos funcionais, como os representados no Quadro 1. Esse quadro tem o propósito de apresentar os principais grupos funcionais orgânicos, suas características, exemplos, modelos espaciais e fórmulas gerais.

Quadro 1 - Representação dos grupos funcionais oxigenados

Função orgânica	Grupo funcional	Característica	Exemplo	Modelo espacial	Fórmula geral
Álcool		(hidroxila ligado a um átomo de C saturado)	 (etanol)		$R - OH$
Enol		(hidroxila ligado a um átomo de C insaturado)	 (etenol)		$R = C \begin{matrix} \diagup \\ \diagdown \end{matrix} \begin{matrix} OH \\ \end{matrix}$
Fenol		(hidroxila ligado a um anel aromático)	 (2-metilfenol)		$Ar - OH$

Éter		(um átomo de O entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)			$R-O-R'$
Aldeído		(carbonila na extremidade da cadeia carbônica)			$R-C(=O)H$
Cetona		(carbonila entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)			$R-C(=O)-R'$
Ácido carboxílico		(carboxila ligada a um grupo orgânico ou a um átomo de H)			$R-C(=O)OH$
Éster		(troca do H presente no grupo funcional carboxila dos ácidos carboxílicos por um grupo orgânico)			$R-C(=O)O-R'$

Fonte: O autor (2024).

Esta subseção concentrou-se nos períodos considerados relevantes para o objetivo dessa fase da EDC, que é identificar os OBE à compreensão das FOO, objeto de interesse da Química e do pesquisador. Nesse sentido, foram identificados dez OBE, expressos no Quadro 2, que impediram o avanço do conhecimento científico e, ao mesmo tempo, motivaram o surgimento de outras teorias para superar esses obstáculos.

Quadro 2 - Obstáculos epistemológicos identificados na História da Química para o desenvolvimento das noções de Funções Orgânicas Oxigenadas

Marcador	Obstáculo Epistemológico	Autores que superaram	Superação dos obstáculos
OBE1	Primeira impressão sobre a beleza do fenômeno do fogo e sua aplicação é o suficiente para atender às necessidades da civilização, mesmo sem conhecimento e consciência da constituição e das transformações pelas que os materiais passam.	-	Os cientistas descobriram que o fogo é uma reação química de oxidação rápida, na qual ocorre a combinação de um combustível com O, liberando energia. Essa compreensão científica do fogo possibilitou um uso mais seguro e eficiente do fenômeno na sociedade.

<b>OBE2</b>	O universo seria formado pelos “elementos” água, ar, fogo e terra. Esses elementos estão unidos, tendem a formar outras substâncias por uma força de atração, o amor e, quando dissociados, estão relacionados a uma força de repulsão, o ódio, o que remete ao entendimento da separação das substâncias.	Aristóteles	Retomou a ideia dos quatro elementos de Empédocles, modificando-a ao atribuir à matéria qualidades primárias e fundamentais. As qualidades às quais Aristóteles se refere são: quente, frio, seco e úmido, e elas se combinam em pares contrários.
<b>OBE3</b>	Teoria parcelista da matéria, a constituição dos objetos da natureza seria formada de três princípios fundamentais, são eles: o enxofre, o mercúrio e o sal, cada um representaria uma característica da matéria.	Jan Baptista Van Helmont Antoine Laurent Lavoisier	Desconsiderou os aspectos filosóficos. O fogo seria capaz de separar os três princípios em muitos corpos, mas não no organismo humano. A matéria é constituída por água e ar. Lavoisier descobriu os elementos químicos constituintes da água e do ar.
<b>OBE4</b>	Teorias contrárias à concepção do átomo, como entidade fundamental da matéria.	John Dalton	Propôs uma teoria atômica na qual a matéria é constituída por “partículas últimas” ou átomos, indivisíveis e indestrutíveis. Também propôs um sistema de representação simbólica para os átomos de elementos e compostos diferentes.
<b>OBE5</b>	Restrições no modelo atômico quanto ao comportamento das substâncias diante da eletricidade e da formação de “átomos compostos”.	Jöns Jacob Berzelius	Desenvolvimento da teoria eletroquímica.
<b>OBE6</b>	Limitação da Teoria da Força Vital em explicar as propriedades que caracterizam os compostos como orgânicos.	Friedrich Wöhler	A síntese da ureia a partir do aquecimento de cianato de amônio.
<b>OBE7</b>	Dificuldade de retratar as estruturas dos compostos a partir de resultados empíricos sobre os elétrons dos átomos.	Friedrich August Kekulé e Archibald Scott Couper	No desenvolvimento da teoria estrutural, o átomo de C é tetravalente e as regras de valência que configura o C a capacidade de formar cadeias carbônicas.
<b>OBE8</b>	Dificuldade para representar compostos orgânicos que apresentam a mesma composição química, mas propriedades diferentes.	Alexander Mikhaylovich Butlerov	Explicou os isômeros a partir de fórmulas estruturais químicas.
<b>OBE9</b>	Limitação para representar as estruturas das moléculas dos compostos orgânicos em três dimensões.	Jacobus Henricus Van’ Hoff e Joseph Achille Le Bel	Sugeriram a existência de um C assimétrico em compostos orgânicos, assim lançaram modelos estruturais tridimensionais e o C tetraédrico.

<b>OBE10</b>	Ausência de teoria que explicasse as ligações químicas em nível subatômico.	Gilbert Newton Lewis	Representou a formação de pares de elétrons em átomos cúbicos e em estruturas, para explicar o compartilhamento de elétrons e a formação de ligações covalentes.
--------------	---	----------------------	--

Fonte: Inspirado em Silva (2018) e Menezes (2022).

A história da QO revela os desafios persistentes na compreensão da matéria e suas transformações, desde concepções antigas, como a ideia simplista do fogo como força elemental e a teoria dos quatro elementos de Aristóteles, até avanços posteriores, como a teoria atômica de Lavoisier e Dalton, que desvendou a composição das substâncias.

A busca por entender os compostos orgânicos também enfrentou desafios, superados por pioneiros como Wöhler, que sintetizaram essas substâncias a partir de precursores inorgânicos. A representação tridimensional das moléculas e a compreensão das ligações químicas, graças a cientistas como Van' Hoff, Le Bel e Lewis, foram obstáculos superados. A jornada da QO ilustra a capacidade contínua da ciência em superar desafios epistemológicos, revelando a complexidade e beleza da natureza em sua essência mais profunda.

### 2.1.2 Abordagens sobre a organização e o ensino habitual de FOO

As pesquisas sobre o Ensino de Química no EM, como as realizadas por Lima *et al.* (2000), Diniz Júnior e Silva (2016) e Silva *et al.* (2017), têm identificado alguns fatores que dificultam a aprendizagem das FOO. Esse é um conteúdo de estudo dessa ciência que foi estruturado a partir do desenvolvimento de conhecimentos das descobertas sobre a constituição e as propriedades físicas e químicas dos materiais que constituem a natureza. O ensino desse nas escolas de ensino básico, habitualmente, tem-se limitado a uma simples exposição, demonstração de fórmulas, denominações, classificações, representação, identificação e nomeação de grupos funcionais e compostos orgânicos oxigenados.

Diante desse agravo, esta subseção apresenta os resultados de análises das orientações educacionais, focando em perceber as orientações para o Ensino de Química de acordo com os documentos nacionais oficiais que normatizam e regem a

educação brasileira, tais como a LDBEN (1996), PCNEM (2000), PCNEM+ (2002), DCNEM (2018a), BNCC (2018b) e DCRB (2022).

Além dessas análises, também são apresentados os resultados de pesquisas sobre o ensino das FO e estruturação didática das FOO encontrados em um levantamento bibliográfico que tem como objetivo perceber as diferentes abordagens metodológicas pontuadas por alguns autores quanto às estratégias diante das dificuldades de aprendizagem desse conteúdo, os recursos didáticos genéricos, os fundamentos teóricos empregados no processo de ensino e aprendizagem. Ao final, são apresentados os OBD identificados.

Por fim, são feitas análises de capítulos de um livro didático de química aprovado pelo PNLD 2018 e de mais três obras didáticas denominadas de Ciências da Natureza aprovadas pelo PNLD 2021.

### **2.1.3 Análise de documentos oficiais**

A LDB, Lei nº 9.394/96, estabelece as diretrizes fundamentais para a organização e o funcionamento do sistema educacional brasileiro. No contexto do Ensino de Química, a LDBEN destaca a importância de uma educação que promova o desenvolvimento integral do indivíduo, incluindo a formação científica e tecnológica.

A partir da LDBEN, busca-se garantir o acesso à educação de qualidade a todos os cidadãos e fomentar o desenvolvimento de habilidades e competências que preparem os estudantes para o exercício da cidadania e para o mundo do trabalho. Além disso, a LDBEN enfatiza a necessidade de promover práticas pedagógicas inovadoras, valorizando a contextualização dos conteúdos e estimulando o interesse dos alunos pelo conhecimento científico, o que se mostra particularmente relevante no ensino de disciplinas como a Química, que desempenha um papel crucial na compreensão e transformação do mundo que nos cerca.

No que se refere às competências e habilidades cognitivas e afetivas no Ensino de Química, os PCNEM consideram relevantes o desenvolvimento delas para a formação pessoal e cidadã, no sentido de que o estudante tenha condições de tomar suas próprias decisões sobre determinados problemas.

Para essa finalidade, é fundamental superar a fragmentação do ensino e da aprendizagem, o que demanda articulação entre a organização do conhecimento e a formação para a cidadania. Conseqüentemente, é necessária uma mudança na

metodologia empregada e acompanhada de uma estruturação dos modelos de conteúdos de química que são ensinados atualmente (Brasil, 2000).

De acordo com os PCNEM, o Ensino de química, que abrange o ensino das FOO,

[...] praticado em grande número de escolas está muito distante do que se propõe, é necessário então que ele seja entendido criticamente, em suas limitações, para que estas possam ser superadas. [...] o ensino de Química tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste quase sempre a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos (Brasil, 2000, p. 32).

Nesse sentido, o ensino limita-se aos aspectos teóricos e demonstrativos, sobrepondo a proposta pedagógica de desenvolvimento de competências e habilidades de acordo com temas articulados aos conteúdos de ensino da química, pautado em abordagens contextualizadas (Brasil, 2002).

Conforme o documento complementar, o PCNEM+, o Ensino de Química é organizado em nove temas estruturadores, dentre esses, o oitavo, Química e Biosfera, refere-se aos estudos dos compostos orgânicos envolvendo discussões sobre a composição, propriedades e transformações químicas de recursos da biosfera.

Para o desenvolvimento das competências da unidade temática proposta, é preciso pensar em um conjunto de ações e recursos necessários. Assim, o PCNEM+ pontua as atividades experimentais (experimentos de laboratório, demonstrações em sala de aula e estudo do meio) como instrumentos pedagógicos.

Também é importante e necessária a **diversificação de materiais ou recursos didáticos**: dos livros didáticos aos vídeos e filmes, uso do computador, jornais, revistas, livros de divulgação e ficção científica e diferentes formas de literatura, manuais técnicos, assim como peças teatrais e música dão maior abrangência ao conhecimento, possibilitam a integração de diferentes saberes, motivam, instigam e favorecem o debate sobre assuntos do mundo contemporâneo (Brasil, 2002, p. 109).

Além desses recursos, o computador é mencionado como ferramenta para o acesso a *softwares* (aplicativos e simuladores), um recurso tecnológico e didático que pode ser usado no ensino e aprendizagem de química, permitindo a realização de simulações de experimentos, representações de modelos moleculares e criação dos próprios modelos, além de permitir o acesso à diversidade de conhecimentos acumulados sobre a Química decorrente do desenvolvimento social, cultural e histórico (Brasil, 2002).

Os PCNEM e PCNEM+ foram considerados nessa análise por sua capacidade única de fornecer diretrizes curriculares abrangentes que contribuem para a

estruturação do ensino, proporcionando uma visão integrada das disciplinas. Esses documentos não se limitam apenas aos conteúdos específicos; eles também abrangem as competências e habilidades que os estudantes devem desenvolver ao longo desse período. A continuidade no uso desses documentos é respaldada pela sua habilidade comprovada de oferecer uma estrutura curricular sólida, adaptável e alinhada às necessidades contemporâneas, desempenhando um papel crucial na melhoria da qualidade da educação.

Outro documento crucial que oferece diretrizes fundamentais para a organização e elaboração de orientações específicas no âmbito do Ensino de Química são as DCNEM. Destaca-se a imperiosa necessidade de fomentar uma formação abrangente dos estudantes, direcionando não apenas para a aquisição de conhecimentos, mas também para o desenvolvimento de habilidades, atitudes e valores (Brasil, 2018a).

No Ensino de Química, as DCNEM orientam para a contextualização dos conteúdos, a interdisciplinaridade e a aplicação prática dos conceitos, buscando estabelecer conexões entre a teoria e a realidade dos estudantes. Ademais, enfatizam a importância da experimentação e do desenvolvimento do pensamento crítico e investigativo, permitindo aos estudantes uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos químicos. Dessa forma, o Ensino de Química alinhado às DCNEM busca formar cidadãos críticos, reflexivos e aptos a compreenderem e participarem ativamente na sociedade contemporânea, considerando a relevância da disciplina para a compreensão do mundo e a sua interface com diversas áreas do conhecimento.

A BNCC está atrelada a essa lei, bem como os mencionados, é um documento normativo das aprendizagens. Ele ressalta que, para o ensino dos conteúdos, deve-se observar a seleção e aplicação de metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas, além da seleção, produção, aplicação e avaliação dos recursos didáticos e tecnológicos em apoio ao ensino e aprendizagem para fins de desenvolvimento de competências e habilidades a formação integral (Brasil, 1996; Brasil, 2018b).

Cabe salientar que aprender Química, conforme a BNCC, vai muito além do simples fato de aprender os conhecimentos conceituais que estão sistematizados em leis, teorias e modelos, mas compreender a dinâmica da vida que acontece em nível subatômico (químico) e físico. Isso requer a adoção de metodologias de ensino que

incentivem práticas investigativas experimentais, uso de instrumentos de coleta e de medida para análises qualitativa e quantitativa dos dados e informações (Brasil, 2018b).

A respeito do desenvolvimento dos conjuntos de habilidades previstos para cada uma das três competências específicas da Ciência da Natureza e suas Tecnologias, área de conhecimento da qual a Química é parte, o normativo recomenda o uso de recursos didáticos, dispositivos e aplicativos digitais e tecnológicos (*software* de representação, de simulação e de realidade virtual) como facilitadores e potencializadores das aprendizagens (Brasil, 2018b).

No que diz respeito às competências e habilidades da BNCC previstas a serem consideradas nessa pesquisa sobre a aprendizagem das FOO, destacam-se, respectivamente, estas:

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

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que

considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental (Brasil, 2018b, p. 554-559).

Em se tratando de uma pesquisa realizada em uma escola pública do Estado da Bahia, torna-se imperativo levar em consideração o DCRB no que se refere ao Ensino de Química. Sendo as FOO o objeto de aprendizagem, é um meio para a mobilização das competências e construções das habilidades propostas pela BNCC e considerada nesse documento para a organização curricular do componente Química.

O ensino desse componente ocorre por meio de unidades temáticas, destacando-se Matéria e Energia, Vida, Terra e Cosmos. A segunda temática, por sua vez, representa uma articulação das discussões realizadas no Ensino Fundamental, considerando a complexidade dos processos relacionados à vida e suas inter-relações. Assim, para uma compreensão abrangente, inicia-se com o entendimento dos elementos químicos representados em modelos atômicos, o que conduz à apreensão das FO e sua relação com a bioquímica no cotidiano.

Conforme o DCRB (2022),

A Química apresenta-se nesta unidade a partir de uma abordagem ampla, que inclui produção de energia e armamento nucleares, além de materiais avançados como polímeros e nanotecnologia, utilização de controles de pragas para produção agrícola e estudos como cinética e equilíbrio químico, conceitos importantes quando se estuda a conservação dos alimentos e nutrição, além de avaliar os impactos ambientais causados pela interferência humana, buscando alternativas para diminuí-los (p. 161).

A convergência desses documentos aponta para a necessidade de uma abordagem educacional que vá além da mera transmissão de informações, buscando uma formação integral, contextualizada e alinhada às demandas contemporâneas, preparando os estudantes não apenas para o conhecimento científico, mas também para uma participação ativa na sociedade.

#### **2.1.4 Pesquisas sobre o Ensino das Funções Orgânicas**

Nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e Scielo, buscou-se por teses, dissertações e artigos científicos usando a palavra-chave “Funções Orgânicas”, que é considerada

objeto de estudo das pesquisas, no entanto, atentou-se aos trabalhos que prezam o estudo das FO.

As pesquisas sobre o Ensino das FO têm apontado algumas dificuldades dos estudantes em assimilar esse conteúdo. Essas dificuldades estão relacionadas a vários fatores, e a origem delas é atribuída à metodologia de ensino expositiva pautada meramente na demonstração de fórmulas, denominações, classificações e nomenclaturas de substâncias, nas escolhas didáticas e na falta de contextualização, o que dificulta a capacidade dos estudantes de relacionar os conhecimentos científicos ao seu cotidiano, como pontuam Lima *et al.* (2000) e Diniz Jr., Silva (2016).

Esse tipo de abordagem, de forma meramente teórica e descontextualizada, é denunciado na investigação de Germano *et al.* (2010).

Os alunos também ressaltam que a metodologia utilizada pelo atual professor não facilita a compreensão do assunto. O professor, apesar de utilizar exemplos atrelados ao cotidiano, os mesmos não abordados apenas com apêndices para as aulas, sem contextualizá-los de forma significativa no processo de aprendizagem (Germano *et al.*, 2010, p. 1).

Opondo-se a essa abordagem, os autores adotam frutas da região como recurso didático para o ensino desse conhecimento científico. Sobre elas, são abordados os componentes nutricionais e as constituições químicas, para depois adentrar nas fórmulas estruturais e na identificação das FO presentes nelas.

Utilizar recursos regionais que fazem parte do cotidiano dos estudantes para o ensino de algum dos aspectos dos compostos orgânicos pode despertar o interesse dos estudantes, facilitar a aprendizagem e diferenciar a metodologia, como fizeram Silva *et al.* (2017), que buscaram a temática “chás” para contextualizar o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos, considerado pelos autores como um conteúdo fundamental, mas que muitos estudantes têm dificuldade de aprender, talvez porque apresenta várias regras.

O uso de recursos didáticos visuais empregados na aprendizagem desse saber em questão pode ser verificado na investigação de Zanqui *et al.* (2021), na qual os estudantes utilizam kit molecular para representar as estruturas submicroscópicas de átomos e moléculas de FO. Os autores afirmam que esse recurso é uma forma lúdica de aprendizagem e que não se limita a esse estudo, podendo ser explorado para construção de outros conceitos de química, como a geometria molecular, as cadeias carbônicas e os compostos isômeros.

Sobre os recursos didáticos, compreende-se todo material físico ou virtual que é empregado como ferramenta de auxílio do professor para o ensino de um determinado conteúdo, destinado a facilitar a aprendizagem e motivar o estudante. Silva (2018) e Menezes (2022), em suas pesquisas, usaram recursos tecnológicos como simuladores e jogos virtuais para representações visuais das moléculas de compostos e FO. Além disso, esses recursos permitem a integração dos estudantes e a familiarização com a tecnologia e o conhecimento científico aplicado.

Com efeito, Neto e Cruz (2018) inovam o processo de ensino das FOO com metodologia e recursos didáticos para a aprendizagem, a partir do cotidiano dos estudantes, propondo como estratégia de ensino uma SD fundamentada nas ideias de Méheut, com a temática dos perfumes e essências como o auxílio na aprendizagem dos conceitos do conteúdo em tela.

Contribuindo para as discussões, Lima (2012) entende que o Ensino de Química nas escolas deveria ser concebido como uma pesquisa, tendo em vista que os assuntos são problemas que precisam de solução. Assim, aposta-se em estratégias que estimulem a curiosidade e a criatividade do estudante. Além desse perfil investigativo, Lima (2013) salienta que, no processo de ensino e aprendizagem, é necessário considerar a abordagem da Química com perfil epistemológico, pois existe uma necessidade de construção do conhecimento científico, além da abordagem dos conteúdos fundamentados na história da química, considerada um recurso didático que pode contribuir para a superação do ensino tradicional.

Os jogos podem ser considerados uma estratégia didática para ensinar e aprender. Sabiamente, Lapa e Silva (2016) desenvolveram e usaram um jogo de tabuleiro sobre as FOO como estratégia didática em uma atividade lúdica de revisão. Esse tipo de recurso, quando apresenta caráter didático, facilita a aprendizagem, pois desperta interesse e gera envolvimento dos estudantes com a atividade, dessa forma, reflete na compreensão dos conceitos (Soares, 2016).

Neste sentido, as metodologias ativas podem trazer resultados significativos para a aprendizagem, pois estão centradas na construção do conhecimento e no estudante, como demonstram Félix e Lima (2021), no processo de aprendizagem das FOO de forma contextualizada a partir do tema gerador “Plantas medicinais como forma de medicamento natural”, em que aplicaram recursos das metodologias ativas *JigSaw* (quebra-cabeça) e mapa conceitual.

Nesse processo, a primeira etapa da SD consistiu na discussão de um texto previamente definido para um trabalho em grupo no qual cada estudante ficou responsável por compreender os fundamentos empíricos e científicos sobre as plantas medicinais e em seguida compartilhar com o grupo o que cada um aprendeu (Felix; Lima, 2021).

Na segunda etapa, os autores propuseram que, em grupo, os estudantes construíssem um mapa conceitual que apresentasse conceitos empíricos, químicos, biológicos, terapêuticos e tóxicos sobre plantas medicinais (Felix; Lima, 2021).

A última etapa consistiu na conceituação das FOO a partir da apresentação dos mapas conceituais construídos pelos grupos. Com o desenvolvimento das atividades, os autores, ao analisarem os dados, apontam resultados satisfatórios na aprendizagem com o emprego das metodologias ativas citadas. Foi possível contextualizar o conhecimento, conduzir diálogos, expor e defender argumentos e promover a interação entre os estudantes (Felix; Lima, 2021).

Apoiando-se nas discussões acerca das dificuldades de aprendizagem dos estudantes em meio às metodologias tradicionais, Sales *et al.* (2020), em um evento que discute novas metodologias de ensino, apresentaram resultados obtidos com a aplicação de uma SD fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP's). Nessa sequência, discutiu-se a problemática social dos riscos da automedicação, tendo em vista a aprendizagem das FOO e Nitrogenadas.

A problematização inicial consistiu na apresentação de três fármacos e suas bulas. Além disso, foram apresentadas informações de três pacientes com doenças e alguns sintomas para que os estudantes discutissem e indicassem uma medicação para cada paciente.

No segundo momento, foram apresentados aos estudantes as FO presentes nos fármacos, as indicações e contraindicações, entre outras informações.

No último momento, foram discutidos os efeitos da automedicação e as razões que levam as pessoas a se automedicarem em vez de procurar atendimento médico. Além de desenvolver nos estudantes a capacidade de discutir situações relacionadas a essa problemática, pautados em fundamentos científicos e conceitos químicos orgânicos envolvidos, essa metodologia cria oportunidade de interação e interesse, pois envolve uma temática que faz parte da vida deles.

Santos e Aquino (2011), em uma intervenção didática que teve como objetivo o ensino das FOO e Bioquímica, se valeram da temática “química dos perfumes” a partir

de um filme como proposta pedagógica. Esse filme foi considerado pelos autores como um facilitador e motivador nas discussões acerca da identificação de FO.

O cinema em sala de aula se configura como uma atividade geradora de discussões e de ganhos para o desenvolvimento de outras. Após exibir o filme “A história de um Assassino” (2006), que conta a história de um jovem que possui a habilidade de identificar odores, mas não possui cheiro em seu próprio corpo, realizaram uma aula teórica acerca da química dos perfumes, abordando a estrutura, composição química dos odores, conceitos e identificação de funções. Além disso, os estudantes produziram textos e histórias em quadrinhos e resolveram exercícios.

Conforme os autores, observou-se o envolvimento total e a socialização entre os estudantes durante o desenvolvimento das atividades propostas, considerando também os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema. Assim, os autores avaliam ter atingido os objetivos com a intervenção didática e destacam as dificuldades e resistências docentes em usar filmes com temáticas interdisciplinares voltadas para a química, por diversas questões, como preferência pessoal e ausência de formação que permita fazer relações entre as temáticas abordadas no filme e o conteúdo científico da química (Santos; Aquino, 2011).

Na literatura sobre o ensino e aprendizagem das FOO, são identificados alguns OBD, esquematizados no Quadro 3. Os OBD envolvem a maneira como os conceitos são apresentados no contexto escolar. Se a abordagem não for adequada, pode não haver compreensão, estabelecendo dificuldades na aprendizagem. Portando-se a Brousseau (1983), Almouloud (2007) afirma que os obstáculos do tipo didáticas parecem residir nas escolhas didáticas. Em estratégias de ensino, constituem-se no momento de aprendizagem e são revelados na conceituação.

Quadro 3 - Obstáculos didáticos relacionados ao ensino das Funções Orgânicas Oxigenadas

Marcador	Obstáculos didáticos
OBD1	<b>Dificuldade de compreensão dos conceitos fundamentais:</b> dificuldade em compreender conceitos básicos relacionados às FOO, como grupo funcional, estrutura molecular e nomenclatura. Isso pode dificultar a compreensão mais aprofundada dos tópicos subsequentes.
OBD2	<b>Abstração dos conceitos:</b> dificuldade em visualizar e compreender conceitos abstratos podem ter dificuldade em entender esses tópicos. As FOO envolvem a compreensão de conceitos abstratos, como a relação entre a estrutura molecular e as propriedades físicas e químicas das substâncias.

<b>OBD3</b>	<b>Falta de conexões com a vida cotidiana:</b> dificuldade em perceber a relevância e a aplicação prática das FOO em sua vida cotidiana. A falta de conexão com situações reais pode levar ao desinteresse e à falta de motivação para aprender.
<b>OBD4</b>	<b>Falta de exemplos e contextos relevantes:</b> a falta de exemplos e contextos relevantes pode dificultar a compreensão e a aplicação das FOO. A utilização de exemplos e contextos que se relacionam com a vida dos estudantes pode ajudar a tornar o conteúdo mais significativo e facilitar o processo de aprendizagem.
<b>OBD5</b>	<b>Metodologias inadequadas de ensino:</b> as metodologias de ensino utilizadas na abordagem das FOO não são adequadas para facilitar o aprendizado dos estudantes. Aulas expositivas e a falta de atividades práticas podem limitar a compreensão e o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem.
<b>OBD6</b>	<b>Falta de recursos didáticos adequados:</b> a falta de recursos didáticos, como livros, materiais audiovisuais e experimentos práticos, pode dificultar a exploração dos conceitos relacionados às FOO. A disponibilidade de recursos adequados é fundamental para criar um ambiente de aprendizagem enriquecedor.

Fonte: O autor (2024).

A identificação e discussão das dificuldades, aqui denominadas como obstáculos didáticos, foram cruciais para a concepção da SD. As pesquisas que apontam essas dificuldades proporcionaram percepções valiosas sobre os desafios enfrentados pelos estudantes no aprendizado das FOO. Dessa forma, a SD foi concebida levando em consideração estratégias pedagógicas que buscam superar esses obstáculos e promover uma compreensão mais efetiva dos conceitos.

A dificuldade de compreensão dos conceitos fundamentais, como grupo funcional, estrutura molecular e nomenclatura, destacada nas pesquisas, influenciou diretamente na abordagem da SD. Optou-se por desenvolver atividades que proporcionassem uma compreensão gradual desses conceitos, com ênfase em exemplos concretos e aplicações práticas para tornar o conteúdo mais tangível aos estudantes.

A abstração dos conceitos foi abordada por meio de estratégias visuais e práticas que facilitam a visualização e a compreensão de conceitos abstratos. Buscou-se incorporar elementos visuais, modelagem molecular, jogos e experimentos simples para tornar os conceitos mais palpáveis e concretos, contribuindo para superar as dificuldades relacionadas a essa abstração.

A falta de conexões com a vida cotidiana e a aplicação prática das FOO foi considerada na SD com a incorporação de situações do dia a dia para ilustrar a relevância desses conceitos. Foram incentivadas discussões e atividades que

explorassem exemplos reais, relacionando os conceitos estudados às experiências cotidianas dos estudantes.

A falta de exemplos e contextos relevantes direcionou a escolha de casos práticos e contextualizados na SD. Incluem-se atividades que exploram casos específicos relacionados à vida dos estudantes, visando tornar o aprendizado mais significativo e promover uma compreensão mais profunda dos tópicos abordados.

As metodologias de ensino identificadas nas pesquisas orientaram para incorporar abordagens mais interativas e práticas. Foram introduzidas dinâmicas de grupo e discussões em sala de aula, visando superar a limitação das aulas expositivas e promover um ambiente mais participativo.

A falta de recursos didáticos adequados foi endereçada por meio da busca e criação de materiais educativos, como apresentações visuais, vídeos explicativos e experimentos simples. Além disso, incentivou-se a utilização de recursos disponíveis, adaptando materiais de acordo com as condições da instituição de ensino.

Portanto, a análise das dificuldades apresentadas nas pesquisas influenciou significativamente na construção da SD, que, dentre outros objetivos, também visa à superação desses obstáculos, proporcionando aos estudantes uma abordagem mais eficaz e envolvente no aprendizado das FOO.

### **2.1.5 Análise de Livros Didáticos (LD)**

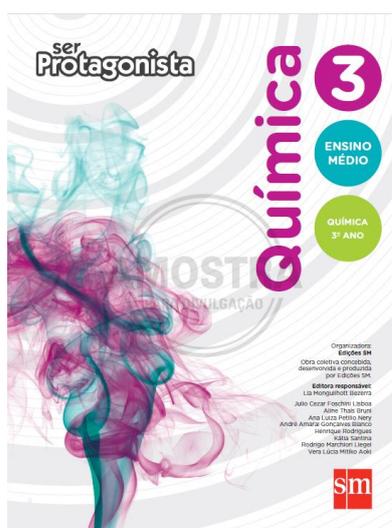
Sabe-se que existem diferentes formas de ensinar e aprender as FOO. Nesse sentido, cabe ao professor buscar metodologias, recursos e estratégias de ensino que contribuam para a superação das dificuldades identificadas e que evitem o surgimento de novas.

Para muitos professores, o livro didático ainda é visto como o único recurso didático e mais usado para planejar e adquirir conhecimento por parte dos estudantes. Isso limita as aulas e as torna monótonas (Nascimento; Campos, 2018;). Talvez uma das maneiras de verificar como o conhecimento sobre FOO está sendo organizado nas escolas brasileiras seja através da análise dos livros didáticos de química adotados. No entanto, na prática, o ensino pode não seguir exatamente o que está apresentado no livro.

Nesse sentido, para obter informações adicionais para esta pesquisa, decidiu-se analisar os capítulos de livros didáticas de química que abordam esse conteúdo.

Os livros adotados pelos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do colégio onde a pesquisa foi realizada são aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2018) e PNLD 2021: o LD “Ser protagonista: química”, da editora SM, de autoria de Julio Cezar Foschini Lisboa, do PNLD 2018, que já foi utilizado pelos professores e estudantes, como mostra a Figura 9, e os livros “Ciências da Natureza: energia e consumo sustentável”, “Ciências da Natureza: poluição e movimento”, e “Ciências da Natureza: corpo humano e vida sustentável”, da editora Moderna, todos de autoria de Sônia Lopes e Sergio Rosso de uma coleção do PNLD 2021, como mostra a Figura 10, atualmente em uso.

Figura 9 - Capa do livro Ser protagonista: química



Fonte: Editora SM (2016).

A motivação dessas análises deve-se ao fato de observar as acomodações das obras diante da aprovação das orientações da BNCC em 2018, sendo assim, optou-se por essa lente para análise, tendo os parâmetros: a organização geral da obra; apresentação de abordagem histórica e epistemológica; existência de evidências de indicações de ferramentas tecnológicas; relação do conteúdo abordado com outras áreas do conhecimento; indicação de proposta de atividade experimental.

O livro Ser protagonista: química se refere ao componente curricular de química e está estruturado em unidades com abordagem de um tema geral discutido nos capítulos a partir de um texto motivador para introduzir o tema.

No capítulo que trata das funções oxigenadas (álcoois, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres), em cada seção, de forma tímida, é

apresentado o conceito e a presença da função em produtos, além de características e nomenclaturas, seguido de quadros contendo compostos da referida função, sua fórmula molecular, estrutural, temperatura de fusão e ebulição.

Em boxes são apresentadas informações complementares acompanhadas de imagens relacionadas à história do conteúdo e do conhecimento da Química em conexão com a biologia, além de mostrar aplicações das funções e compostos orgânicos no cotidiano, incentivando a busca por mais informações sobre os assuntos abordados. Também se encontram boxes com informações que levam os estudantes a acessarem conhecimentos prévios que servem de requisitos para aprofundamentos.

Próximo do final do capítulo é apresentado um quadro-resumo das principais funções, e é sugerida uma atividade experimental. Antes de apresentar questões de vestibular e Enem, há uma seção denominada de Ciência, tecnologia e sociedade, que trata da ação do álcool no organismo e de como ele afeta o comportamento. Essa seção serve como uma contextualização do tema do capítulo.

De acordo com o Manual do Professor, esse capítulo apresenta competências e habilidades referentes à representação e identificação de funções, análise e interpretação textual que envolve conhecimento científico e tecnológico, investigação e compreensão da Química no mundo, e contextualização sociocultural por meio da articulação, integração e sistematização das funções com outras áreas do conhecimento. Assim, o ensino desse conteúdo é organizado conforme esse livro didático, que se vale dos PCNEM e das DCNEM para a sua estruturação. Cabe salientar que, nessa organização, percebe-se a ênfase dada às regras de nomenclatura dos compostos orgânicos, às representações estruturais e à ausência de representação tridimensional das moléculas. Além disso, não há indicação de recursos tecnológicos do tipo aplicativos, simuladores, jogos ou quaisquer ferramentas computacionais que permitam explorar esse conteúdo de forma lúdica, facilitando a aprendizagem.

Figura 10 - Capas dos livros didáticos de Ciências da Natureza



Fonte: Editora Moderna (2020).

Esses três livros fazem parte de uma coleção com seis volumes independentes que integram os componentes curriculares da área de Ciência da Natureza e suas Tecnologias. Cada volume está organizado em duas unidades diferentes com temas contemporâneos que transitam entre Biologia, Física e Química, contextualizando ensino e aprendizagem. As unidades estão estruturadas por temas, em vez de conteúdos, assim, essa organização visa atender aos princípios norteadores preconizados pela BNCC para o Novo Ensino Médio, no entanto, as turmas em questão não são desse novo formato.

Nas unidades, há um texto introdutório que segue acompanhado de imagens que fazem alusão à temática e que apresentam uma problemática que serve de base para o estudo dos conteúdos conceituais que apresentam em destaque. Ainda na primeira página de cada tema, são apresentados boxes que trazem identificação das competências e habilidades previstas para serem desenvolvidas, assim como indicações de aprofundamento sobre o tema ou relacionados. Quanto à abordagem das FOO, não há uma temática específica que subsidie a discussão dos principais grupos funcionais oxigenados.

No primeiro livro, em uma das unidades que trata de biocombustíveis, observa-se a abordagem do grupo hidroxila ( $-OH$ ), grupo do álcool identificado em moléculas de etanol e metanol, representado nas fórmulas estruturais e de linhas, modelos de esfera e bastão e modelos de espaço preenchido.

Mais adiante, é abordada a função éster. Já no segundo livro, a temática esporte vem acompanhada da problemática das substâncias usadas por atletas para melhorar o desempenho nas competições, isso para fundamentar o estudo de isomeria,

que traz uma abordagem histórica da descoberta da ureia a partir do cianato de amônio, em que Wöhler comprova ser capaz de obter um composto orgânico a partir de um inorgânico. E, assim, para explicar isomeria funcional, é abordada a diferença entre éteres e álcoois, bem como a diferença entre aldeído e cetona.

Em seguida, são apresentadas cadeias estruturais de compostos orgânicos, nas quais são destacadas as funções oxigenadas, nitrogenadas e halogenadas. No final desse capítulo, há atividades e alguns boxes com questões e textos para levar o estudante a refletir sobre sua aprendizagem. Além disso, há um texto convidativo para refletir sobre a promoção e divulgação do conhecimento científico. O capítulo também conta com atividades comumente desenvolvidas na área de Linguagens e suas Tecnologias, além de incentivo ao uso de recursos tecnológicos.

Seguindo a mesma estrutura, o terceiro livro para adentrar em termos de FO recorre à temática das substâncias bioativas, em específico os princípios ativos dos analgésicos. Observa-se a presença marcante das funções oxigenadas, entre outras. Nesse sentido, nota-se uma descentralização na abordagem às FOO, visto a contextualização dos conhecimentos.

Nesse sentido, a análise dos aportes históricos e epistemológicos sobre um determinado conteúdo é útil para o planejamento de uma SD. Também é relevante observar a estrutura didática, de acordo com os documentos oficiais, atentando-se às competências e habilidades indicadas para serem desenvolvidas pelos estudantes. Outra análise a ser feita é em relação às obras didáticas aprovadas pelos órgãos oficiais.

Essas foram as análises prévias que dizem respeito às subfases realizadas para esta investigação, a partir das orientações da metodologia de pesquisa da EDC. Com isso, foi possível elaborar algumas considerações, Quadro 4, sobre aspectos importantes a respeito do conteúdo a ser ensinado, utilizando-se de recursos didáticos.

Quadro 4 - Algumas ponderações acerca das estruturações didáticas e abordagens metodológicas sobre o ensino das Funções Orgânicas Oxigenadas

Marcador	Considerações	Fonte
CONS1	Os documentos orientadores enfatizam que, no Ensino de química, deve-se observar a seleção e aplicação de metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas, além da seleção, produção, aplicação e avaliação dos recursos didáticos e tecnológicos em apoio ao ensino e aprendizagem para o desenvolvimento de competências e habilidades.	LDBEN (1996); PCNEM (2000); PCNEM+ (2002); DCNEM (2018); BNCC (2018); DCRB (2022)
CONS2	Adoção de práticas investigativas experimentais e recursos didáticos de dispositivos e aplicativos digitais e tecnológicos (como <i>software</i> de representação, simulação e de realidade virtual), e jogos, pode ser utilizada como estratégias facilitadoras e potencializadoras de aprendizagem.	Silva (2018); Menezes (2022); Neto e Cruz (2018); Lapa e Silva (2016); Soares (2016); Santos e Aquino (2011)
CONS3	Para o desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas e afetivas, é fundamental superar a fragmentação da aprendizagem e falta de articulação entre a organização do conhecimento e a formação para cidadania, utilizando temas que possibilitem abordagens contextualizadas.	Félix e Lima (2021); Santos e Aquino (2011); Félix e Lima (2021).
CONS4	As pesquisas apontam as dificuldades de aprendizagem das FOO quanto à demonstração, identificação, classificação, representação e nomeação dos grupos funcionais oxigenados. A origem dessas dificuldades é atribuída às escolhas didáticas, à metodologia de ensino expositiva e à falta de contextualização no ensino, fato que dificulta ao estudante perceber os conhecimentos científicos em seu cotidiano.	Lima <i>et al.</i> (2000); Diniz Jr. e Silva (2016); Germano <i>et al.</i> (2010).
CONS5	Os pesquisadores se preocupam com a representação das estruturas submicroscópicas de átomos e moléculas de funções e compostos orgânicos.	Zanqui <i>et al.</i> (2021).
CONS6	Na aprendizagem, deve-se considerar a abordagem das funções oxigenadas com perfil epistemológico, pois existem necessidades de construção do conhecimento científico, além da abordagem histórica considerada um recurso didático que pode contribuir para a superação do ensino tradicional.	Lima (2013).
CONS7	Nos livros didáticos, percebe-se uma distinção na apresentação das funções oxigenadas quanto à contextualização com temáticas atuais, aspectos históricos pouco considerados nas obras atualmente em uso. Contudo notam-se timidamente aspectos epistemológicos, além de representações gráficas e indicações de uso de recursos tecnológicos e lúdicos.	A partir dos capítulos dos LD que foram analisados.

Fonte: O autor (2024).

Essas considerações foram estruturadas a partir das análises dos documentos oficiais, das pesquisas sobre o ensino das FO e dos livros didáticos. Ao examinar os documentos oficiais, buscou-se compreender as diretrizes e políticas educacionais que norteiam o ensino dessas funções. Além disso, ao revisar as

pesquisas relacionadas ao tema, objetivou-se obter uma visão mais abrangente e embasada sobre as metodologias e abordagens utilizadas no ensino das FO.

Os livros didáticos também são objetos de estudo, sendo analisados quanto a sua eficácia, clareza e alinhamento com as propostas educacionais vigentes. Dessa forma, a análise desses três pilares proporcionou uma compreensão mais aprofundada e holística do panorama do ensino das FO.

### **Considerações Parciais**

Os obstáculos do tipo epistemológicos são inerentes ao saber e podem ser reconhecidos nas dificuldades que pesquisadores se depararam ao longo da história para expressarem a constituição de conhecimentos científicos. Por isso que identificá-los é pertinente para reflexões sobre como é proposto e como vem sendo conduzidos os processos de ensino e aprendizagem das funções oxigenadas, nas análises de alguns autores, na perspectiva de que sejam identificados os fatores que interferem na aprendizagem.

No ensino, os OBD são recorrentes e parece que a maioria deles estão relacionados com as estratégias didáticas, assim como durante o processo de transposição didática da abordagem dos livros didáticos.

Nas análises dos livros didáticos, o livro antigo segue os PCNEM e DCNEM, destacando a importância das regras de nomenclatura e representação estrutural dos compostos orgânicos, mas não indica recursos tecnológicos para facilitar a aprendizagem.

No caso dos livros atuais, esses volumes tratam de temas contemporâneos, relacionando-os aos campos da Biologia, Física e Química. Um dos pontos positivos desta abordagem é a descentralização das FOO, permitindo a contextualização dos conhecimentos. Outro destaque são as atividades comumente desenvolvidas na área de Linguagens e suas Tecnologias, incentivando o uso de recursos tecnológicos.

Diante das considerações a respeito da estruturação didática sobre o ensino das FOO e das abordagens metodológicas apresentadas por alguns autores frente às dificuldades de aprendizagem, o autor desta investigação, que tem como objetivo analisar uma SD, levando em consideração o funcionamento neuronal da atenção seletiva, a fim de auxiliar no processo de aprendizagem da noção de FOO por

estudantes<sup>18</sup> do 3º ano do EM de uma escola pública, se desafia em um campo teórico-metodológico de investigação considerado inovador na aprendizagem desse conhecimento científico. Sendo assim, na seção seguinte, são apresentados os fundamentos teóricos que serviram de base para a estruturação da SD contendo alguns recursos didáticos genéricos.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **Considerações iniciais**

A presente seção apresenta os fundamentos teóricos sobre a aprendizagem na perspectiva da NC. Essa é uma área interdisciplinar de pesquisa que reúne achados das áreas da Neurociência, Psicologia e Educação a respeito dos processos cognitivos em nível neural envolvidos na concepção das atividades mentais, como a atenção no desenvolvimento das tarefas<sup>19</sup> escolares, nas quais esta pesquisa tem interesse, ou no geral, como a influência da percepção de estímulos sensoriais e distratores, que estão relacionados à formação de informações sobre as situações cotidianas.

De acordo com Artigue (1988), as análises prévias consistem em explicar os principais aspectos conceituais, principalmente aqueles relacionados aos problemas de ensino e aprendizagem sobre um objeto de estudo, nas dimensões epistemológica, cognitiva e didática. Assim, a autora destaca: análise epistemológica do conteúdo visado pelo ensino; análise do ensino habitual e dos seus efeitos nas aprendizagens; análise das concepções dos estudantes, das dificuldades e dos obstáculos que marcam sua evolução; análise do campo de restrição em que se situará a efetiva realização didática; e consideração dos objetivos específicos da pesquisa.

---

<sup>18</sup> Neste texto, emprega-se o termo “estudante” por entender que ele é amplo, inclusivo e adequado para se referir ao grupo do qual os participantes de pesquisa fazem parte. Estes se encontram no estágio final da EB, uma fase importante de preparação para a vida acadêmica, profissional e pessoal, que requer uma abordagem mais ativa na busca do conhecimento, dedicando também tempo para pesquisa, leitura e estudo independente. Ao utilizar esse termo, a pesquisa torna-se mais abrangente e os resultados obtidos podem refletir de forma mais precisa a realidade desse grupo de estudantes. Nos casos em que o termo “aluno” aparece em citações diretas e indiretas, obedecem-se às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

<sup>19</sup> Neste texto, utiliza-se o termo “tarefa” baseado nos entendimentos de Brousseau, que se refere a uma situação de aprendizagem desafiadora o suficiente para estimular os estudantes a desenvolverem sua autonomia e se envolverem ativamente no processo de aprendizagem.

Optou-se por considerar as análises histórica e epistemológica do conteúdo de FOO; análise do ensino habitual desse conteúdo e seus efeitos nas aprendizagens; assim como análise de livros didáticos para compreensão da organização desse saber; e considerações dos objetivos pertinentes à pesquisa.

### **3.1 Neurociência: aspectos históricos sobre a origem do cérebro humano**

A primeira evidência de entender como o cérebro humano funciona surge no período da Pré-história. Os antepassados já compreendiam que regiões da cabeça tinham um papel importante nas funções básicas essenciais para a vida. Esse entendimento é atribuído aos achados de crânios do homem pré-histórico, no período Neolítico, encontrados em escavações arqueológicas com perfurações de pequenos orifícios como resultado de procedimentos cirúrgicos da época, denominado de trepanação. Esse processo consistia na retirada de uma porção do crânio da pessoa viva para tratar dores de cabeça, convulsões, transtornos mentais ou para liberar demônios (Castro; Landeira-Fernandez, 2010).

Registros encontrados em um papiro datado de 1700 a.C., descoberto em 1862, revelam que os egípcios já possuíam algum conhecimento sobre lesões cerebrais. A eles é atribuído o primeiro escrito do termo “cérebro”, assim como as primeiras representações anatômicas dele, a exemplo das meninges e o líquido cefalorraquiano. No entanto, para esses e os indianos, as funções mentais, sensoriais e motoras não residiam no cérebro, mas no coração, enquanto a consciência e o pensamento eram atribuídos às vísceras. Por isso que, durante o processo de mumificação, esses órgãos eram preservados, enquanto o cérebro era removido pelo nariz e descartado (Portes, 2015).

Na Grécia Antiga, por volta de 400 a.C., eruditas começaram a relacionar a estrutura e função do encéfalo às sensações. O médico grego, Hipócrates (469-379 a.C.) compartilhava dessa mesma compreensão e lançou a teoria de que o encéfalo teria relação com as sensações e sediar a inteligência, assim como o filósofo grego Diógenes (413-323 a. C.) também adepto da tese cefalocentrista (Rodrigues; Ciasca, 2010).

De acordo com Platão (427-347 a.C.), a alma estaria composta por três partes: o intelecto (logos) - a parte imortal da alma -; a cabeça, que reside a alma imortal e estaria ligada ao restante do corpo pelo pescoço; a parte mortal compreende a área

torácica, região do coração sede da coragem e dos sentimentos, também compondo a parte mortal a região abdominal situada entre o diafragma e o umbigo, próximo do fígado, sede dos desejos. Essa tese cefalocentrista não era facilmente aceita, opositores como Aristóteles (384-322 a. C.) afirmavam que a sede do intelecto seria o coração, enquanto o cérebro desempenhava a função de resfriar o sangue superaquecido do coração. Na visão cardiocentrista desse filósofo, as faculdades da alma estariam centradas no coração (Castro; Landeira-Fernandez, 2011).

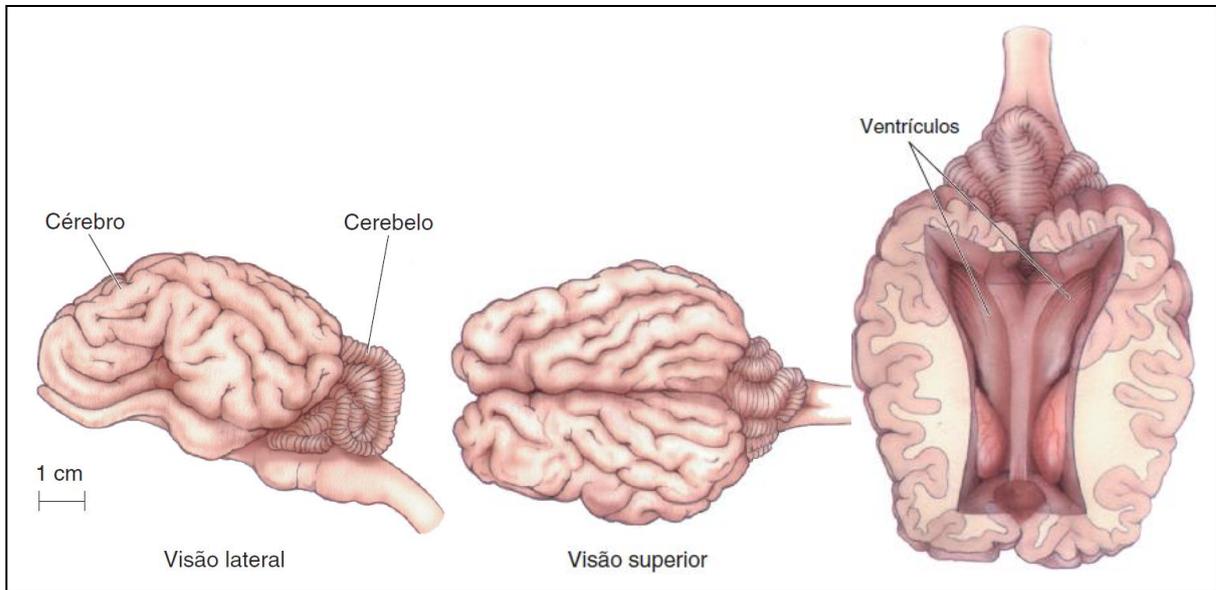
O filósofo Aristóteles fez observações anatômicas sobre o cérebro e identificou duas membranas, as meninges, uma interna, que envolve o cérebro, possivelmente se tratando da *pia máter* ou *aracnóide*, e uma membrana externa mais próxima do crânio, tudo indicando ser a *dura máter*, além dessas, ele notou que o cérebro apresentava pouco sangue e era bipartido, distinguindo, assim, o cérebro (*enkephalos*) e o cerebelo (*parenkephalis*). Conforme Aristóteles, no interior do cérebro, notou-se uma pequena cavidade contendo um líquido, provavelmente referindo-se, respectivamente, ao sistema ventricular e ao líquido cefalorraquidiano (Castro; Landeira-Fernandez, 2011).

Apesar das evidências apontadas por esse filósofo de visão cardiocentrista, prevaleceram as concepções cefalocentristas de Hipócrates e do também médico e filósofo Alcmeon de Crotona (500-450 a. C.), o primeiro a considerar o cérebro como a sede da sensação e da cognição, assim diferindo os animais dos humanos, ao afirmar que os humanos seriam os únicos capazes de compreender, enquanto os animais apenas percebem. As ideias de Alcmeon foram divulgadas para as sociedades da época por meio da obra *Timeu*, do reconhecido Platão. No entanto, foi a partir da técnica de pesquisa por dissecação de animais utilizada por Aristóteles que outras pesquisas sobre a anatomia do SN surgiram.

Cunhado pelas ideias de Hipócrates e influenciado pelos estudos de Herófilo (335-280 a. C) e Erasístrato (310-250 a. C.) sobre a minuciosa descrição das estruturas do corpo humano, o médico Cláudio Galeno (130-201 d. C.), durante o Império Romano, empregou a técnica dissecação para compreender as diferentes partes do SN animal. Assim, conseguiu separar o cérebro único, conforme ilustra a Figura 11, em cérebro localizado dentro do esqueleto axial, posicionado na região frontal e que apresenta consistência macia. A outra parte é o cerebelo, localizado atrás do cérebro e de consistência mais dura. Por fim, existem os compartimentos

chamados de ventrículos encefálicos, nos quais estão os fluidos (Rodrigues; Ciasca, 2010).

Figura 11 - Encéfalo de uma ovelha



Fonte: Adaptado de Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 5).

Galeno, em seus experimentos, fez importantes descobertas. Ele conseguiu distinguir nervos sensitivos e motores, como afirmam Castro e Landeira-Fernandez (2011, p. 805), “Descreveu pelo menos sete pares de nervos cranianos: o óptico, o motor ocular, o trigêmeo, o motor ocular externo, o fácil, o auditivo e o nervoso hipoglosso”. Além disso, sobre o sistema vascular, por observação direta, Galeno conseguiu distinguir as veias das artérias e demonstrou que nas artérias flui sangue e não ar, como acreditava Erasístrato. Para Galeno, a geração dos movimentos devia-se à condução dos fluidos do SN e da medula espinhal por tubos, mais tarde conhecidos como nervos. Nesse sentido, o cérebro comportava-se como um receptor de informações, logo a formação de memórias dependia de as sensações serem impressas no cérebro frontal (Rodrigues; Ciasca, 2010; Portes, 2015; Menezes, 2022).

Essa visão de Galeno acerca do encéfalo perdurou por aproximadamente 1500 anos, até que no período da Renascença foram adicionadas informações à estrutura do encéfalo pelo anatomista Andreas Vesalius (1514-1564). A teoria ventricular da função do encefálica ganhou força no século XVII a partir da construção de aparelhos mecânicos de controle hidráulico que se assemelhava à noção que se tinha do

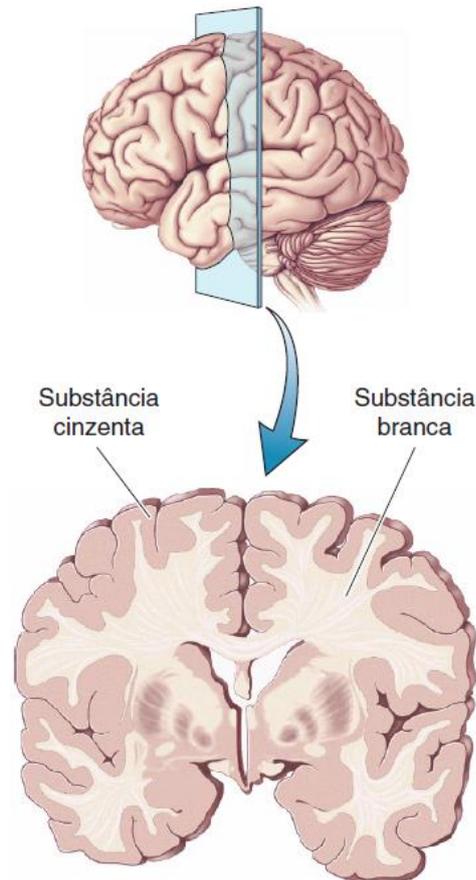
encéfalo acerca do movimento dos membros por meio do bombeamento do fluido para fora dos ventrículos através dos nervos.

Essa “teoria da mecânica de fluidos” foi defendida pelo filósofo francês René Descartes (1596-1650) para explicar os mecanismos de funcionamento do encéfalo ligados à parte dos comportamentos de humanos que são semelhantes aos dos animais. No entanto, ele acreditava que essa teoria não seria capaz de explicar alguns aspectos exclusivos do comportamento humano, pois neles estariam presentes o intelecto e a alma por ação divina. Conforme Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 7), “Descartes acreditava que a mente era uma entidade espiritual que recebia sensações e comandava os movimentos, comunicando-se com a maquinaria do encéfalo por meio de glândula pineal”. Na visão de Descartes, as capacidades mentais estariam fora do encéfalo, na mente (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

De acordo com Cosenza e Guerra (2011, p. 13), “Desde a época dos antigos romanos até o século XVIII, acreditava-se que o cérebro funcionava por intermédio de espíritos, que eram gerados no interior do organismo. Pensava-se que os nervos eram canais por onde circulava essa substância espiritual que se movia sob o comando do cérebro”. Essa foi mais uma tentativa dos povos de dar resposta aos questionamentos que os inquietam sobre como o cérebro funciona, qual a origem e onde reside a mente.

Entre o final do século XVII e início do século XVIII, a visão tradicional de entender o encéfalo pelos ventrículos foi sendo deixada de lado aos poucos, e os cientistas começaram a examinar meticulosamente as substâncias encefálicas. Com isso, observaram a presença de dois tipos de tecidos que compõem uma substância branca contínua com os nervos do corpo, constituindo fibras que fazem a comunicação da informação, assim como a substância cinzenta, como é mostrado na Figura 12 (Portes, 2015).

Figura 12 - Encéfalo humano seccionado mostra as substâncias cinzenta e branca



Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 7).

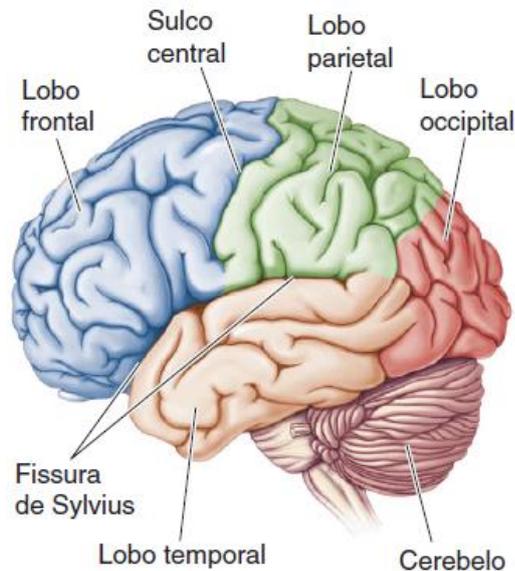
Ainda que essas descobertas para a época fossem relevantes para explicar alguns aspectos do encéfalo, tratava-se de teorias que careciam de método científico que desse consistência aos dados.

No final do século XVIII, algumas descobertas sobre a anatomia foram importantes para separar de maneira categórica o SN em uma divisão central constituída pelo encéfalo (cérebro, cerebelo, tronco encefálico) e medula espinhal, e uma divisão periférica formada por uma rede nervosa que liga o SNC às outras regiões do corpo.

Outra descoberta que contribuiu com o desenvolvimento na neuroanatomia foi a identificação de depressões chamadas de sulcos e fissuras na superfície do encéfalo e de elevações denominadas de giros, Figura 13. Essas identificações foram relevantes para o mapeamento de regiões do cérebro em lobos, conduzindo especulações sobre as funções que poderiam residir em cada giro, deixando bases para o modelo localizacionista e para a compreensão da natureza elétrica no SN,

desconstruindo a noção de fluido (Rodrigues; Ciasca, 2010; Portes, 2015; Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Figura 13 - Encéfalo humano dividido em lobos e sulcos

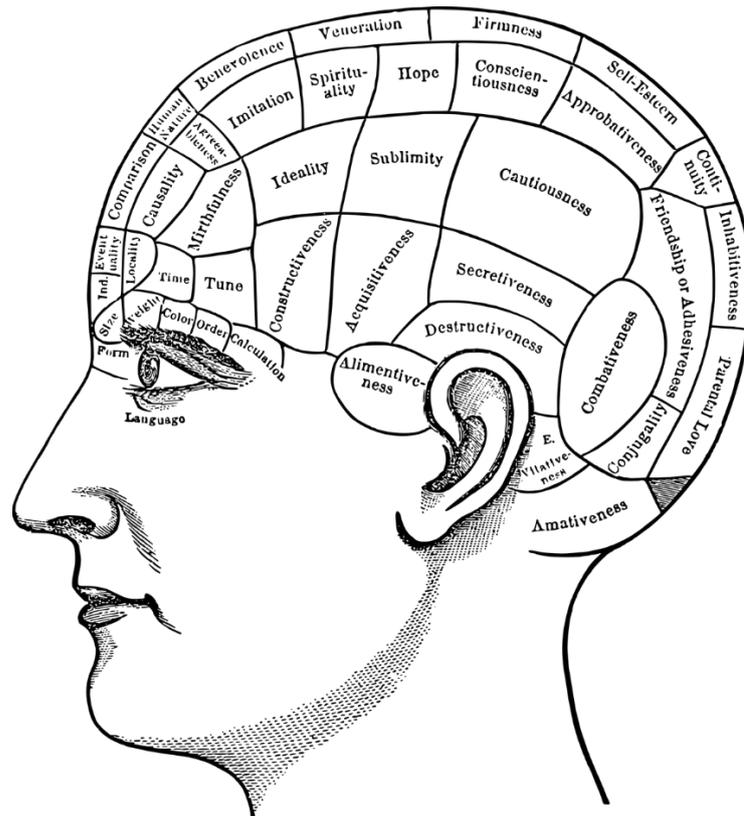


Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 8).

Considerando essas descobertas, no início do século XIX, o médico austríaco e neuroanatomista Franz Joseph Gall (1758-1828), em meio aos estudos minuciosos dos crânios de pacientes, convenceu-se de que a mente estaria no cérebro. Logo, as faculdades mentais estariam localizadas em regiões específicas do córtex cerebral. Diante disso, Gall e seu colaborador, o médico alemão Johann Gaspar Spurzheim (1776-1832), em 1809, viram a possibilidade de descrever as personalidades dos pacientes a partir de uma análise detalhada da anatomia dos crânios.

Amparados na hipótese de que, se uma pessoa usasse com frequência uma determinada função mental mais do que outras, alguma região do crânio iria crescer, causando uma protuberância no crânio sobrejacente. Mais tarde, essa técnica passou a ser denominada de Frenologia por Spurzheim. Para Gall, o cérebro estaria dividido em 35 regiões, Figura 14, que corresponderia às funções específicas de comportamento e faculdades intelectuais (Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2019).

Figura 14 - Mapa frenológico de Gall



Fonte: Rodrigues e Ciasca (2010).

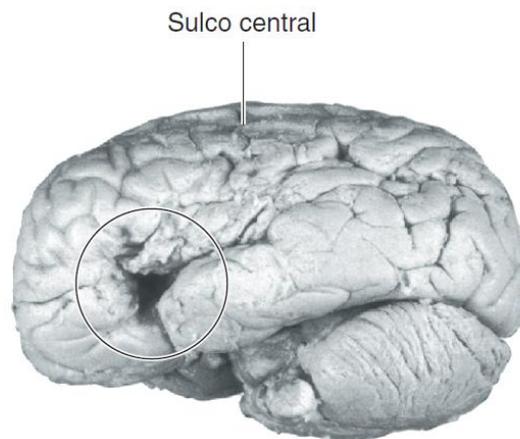
Em conformidade com Gall, cada uma dessas regiões do crânio associava-se a um processo que acontecia no cérebro humano. No entanto, opondo-se à frenologia, Marie-Jean-Pierre Flourens (1794-1867) desenvolveu a noção de que todas as regiões do córtex cerebral participavam igualmente de todas as funções neurais. Para comprovar essa teoria, denominada de campo agregado, Flourens, usando pombos, resolveu destruir partes do encéfalo desse animal para testar a ocorrência de déficits sensoriais e motores, empregando o método de ablação experimental. Ele chegou à conclusão de que o cérebro tinha participação na percepção sensorial e que não há regiões únicas e isoladas no cérebro que seriam responsáveis por determinados aspectos. No entanto, adiante, essa visão mostrou-se errada (Rodrigues; Ciasca, 2010).

A história da Neurociência é marcada pelas visões generalista e localizacionista das funções neurais, como se elas estivessem situadas em regiões centrais ou específicas do encéfalo. A teoria localizacionista ganhou espaço e influenciou a comunidade científica com os estudos do médico cirurgião Paul Broca (1824-1880) e do neurologista e psicólogo Karl Wernicke. Broca descreveu o caso de um paciente

que tinha perdido a capacidade de falar (afasia motora), apesar de não demonstrar problema na língua, boca ou nas cordas vocais. Em 1861, após a morte do paciente, o encéfalo foi atentamente analisado por Broca, que identificou uma lesão em uma região no lobo frontal esquerdo, Figura 15. Com base nesse caso e em outros pacientes, ele concluiu que esta região específica seria responsável pela função da linguagem (Lent, 2010).

Em 1876, Wernicke estudou o caso de um paciente que falava, porém as frases eram incoerentes e não compreendia o que falavam (afasia sensorial). Diante disso, o neurologista descobriu que a região lesionada do encéfalo desse paciente ficava na parte posterior do lobo temporal. Com isso, chegou à conclusão de que esta seria a área responsável pela compreensão da fala e da escrita (Portes, 2015).

Figura 15 - O encéfalo de Monsieur Leborgne lesionado depois de um acidente vascular encefálico estudado por Broca



Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 11).

Acerca dos estudos sobre a localização das funções neurais desses e de outros neurologistas a respeito das lesões analisadas no cérebro de humanos, com o objetivo de mapear as áreas e regiões específicas responsáveis pela linguagem, de acordo com Lent (2010),

[...] permitiu concluir que os vários componentes dessa função estão representados em regiões cerebrais circunscritas. A lógica desses trabalhos, entretanto, admitia que, se o desaparecimento de uma região cerebral produzisse um déficit funcional, então essa região seria, em condições normais, a “sede” dessa função. Essa lógica deixava de considerar que após uma lesão o cérebro poderia se reorganizar de algum modo, com outras regiões passando a participar da função. Isso acontece com o cérebro dos cegos, por exemplo, cujas regiões visuais são gradativamente “invadidas” por circuitos que representam outros sentidos, como o tato e a audição. Portanto,

o déficit final poderia não refletir exatamente a pura falta da região lesada, mas sim o resultado da reorganização funcional do sistema (Lent, 2010, p. 27).

Os estudos sobre as funções cerebrais têm revelado a complexidade da organização cerebral. A ideia de que uma região específica do cérebro é responsável por uma função específica foi desafiada pela descoberta de que o cérebro pode se reorganizar após uma lesão. Em indivíduos cegos, outras regiões cerebrais podem assumir funções anteriormente atribuídas às áreas visuais. Isso destaca a plasticidade cerebral e sugere que os déficits funcionais após lesões podem ser resultado da reorganização do SN, e não apenas da ausência da região lesada.

Experimentos como os descritos anteriormente são fortes evidências da tese dos localizacionistas de que o sistema nervoso funciona como um mosaico de regiões, cada uma encarregada de realizar uma determinada função. Isso não significa, é claro, que essas regiões operem isoladamente. Ao contrário, o grau de interação entre elas é altíssimo, pois o número e a variedade de conexões neurais é muito grande. E é natural que seja assim, pois não há função mental pura, mas sempre uma combinação muito complexa de ações fisiológicas e psicológicas em cada ato que os indivíduos realizam (Lent, 2010, p. 28).

O século XIX foi marcado por significativas descobertas sobre as regiões das funções cerebrais. Em 1870, os fisiologistas Gustav Fritsch (1838-1927) e Eduard Hitzig (1838-1907) observaram que, com a estimulação elétrica do encéfalo de um cão, movimentos característicos eram produzidos. A partir desse, outros experimentos foram replicados com outros animais, até que, em 1881, o neurologista David Ferrier comprovou que a intervenção em regiões do cérebro poderia causar lesões e paralisia muscular. Isso foi o marco para que o neurologista Korbinian Brodmann (1868-1918) mapeasse 52 regiões cerebrais do encéfalo humano. Esse mapa foi denominado de arquitetura celular (Portes, 2015).

Entre o final do século XIX e início do século XX, surge a Neurociência a partir das investigações dos histologistas Camillo Golgi (1843-1918) e Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) com o aprimoramento das técnicas e métodos microscópicos de identificação da estrutura dos neurônios. Assim, desenvolveram a teoria neural. Para Golgi, as células estariam conectadas continuamente, enquanto para Cajal, que usou a técnica de coloração de Golgi, os neurônios se comunicam de forma descontínua. Esse embate somente foi possível ser elucidado na década de 1950, com o desenvolvimento do microscópio eletrônico de maior resolução, que possibilitou mostrar, de fato, que os neurônios não apresentam continuidade, como Cajal afirmava (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Nesse contexto, assumindo um outro posicionamento acerca da localização das funções neurais, atentando-se às funções neurais superiores, os estudos do neurologista russo Alexander Romanovich Luria (1903-1978) no processo de reabilitação de pacientes com lesões cerebral ocorridas durante a Segunda Guerra Mundial, interessou-se em analisar as patologias e as condições de vida dos feridos de guerra e como isso interferiu nas formas de pensar e agir. Assim, Luria demonstrou que as funções são um processo coordenado de várias áreas do encéfalo e dessa interação com meio de cada indivíduo (Portes, 2015).

Diante dos estudos nessa área, o século XX foi marcado pelo desenvolvimento de técnicas de mapeamento do cérebro e outras regiões do corpo humano menos invasivas do que aquelas realizadas séculos antes. Dentre essas, a neuroimagem foi, sem dúvida, decisiva para o avanço nos estudos das Neurociências.

Com a técnica de geração de imagem de tomografia por Emissão de Pósitrons (TEP), foi possível identificar regiões de fluxo metabólico cerebral. Outra técnica é a imagem por ressonância magnética (IRM)<sup>20</sup>. Essas técnicas foram cruciais para compreensão da fisiologia e patologias que acometem áreas do SN, para então entender as funções e disfunções cerebrais (Rodrigues; Ciasca, 2010).

Perante o exposto, depreende-se que compreender como o encéfalo funciona é, sem dúvida, um grande desafio que surgiu com os primórdios da humanidade, a partir do estabelecimento de hipóteses baseadas em suposições empíricas, filosóficas e místicas, que foram sendo discutidas, e com o passar do tempo foram sendo refutadas diante das novas evidências que foram surgindo.

Em razão da complexidade anatômica e fisiológica do cérebro, os neurocientistas, acreditando facilitar e avançar em estudos nessa área, optaram por fragmentar em unidades de estudo. Assim, estão organizadas: Neurociência Molecular, Neurociência Celular, Neurociência de Sistema, Neurociência Computacional e, por fim, a NC (Lent, 2010)<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Nessa técnica “Um forte campo magnético provoca um alinhamento dos prótons (partículas subatômicas) no cérebro. Aplica-se um breve pulso de radiofrequência, o que leva os prótons alinhados a girar e depois recuperar suas orientações originais, liberando uma pequena quantidade de energia enquanto fazem isso” (Eysenck; Keane, 2017, p. 15).

<sup>21</sup> Consultar Lent (2010, p. 6) Cem bilhões de Neurônios? para conhecer a abordagem das neurociências, sabendo-se que não há um limite entre elas devido à necessidade de transitividade de saberes necessários para contemplar os estudos de cada uma.

### 3.2 Articulação entre a Neurociência Cognitiva e a Educação

Compreender como os processos cognitivos são realizados pelo cérebro ainda não é algo claro, por essa razão, o diálogo entre os campos de conhecimentos pode explicar a estrutura e função de como essas concepções no encéfalo e como se relaciona com o ambiente externo. Nesse esforço, as neurociências têm um papel fundamental nesse estudo, para se debruçar sobre as inquições de interesse dos neurocientistas, como, por exemplo, entender como as funções cognitivas se transformam em atividades mentais. Esse é um propósito da NC (Pereira Jr., 2010).

A NC, enquanto ciência interdisciplinar, originou-se em um contexto colaborativo das neurociências ligadas ao comportamento. Em termos de atividade cerebral, destacam-se os empenhos da neuropsicologia, neuroanatomia e neurofisiológica a partir da década de 1980, quando psicólogos cognitivistas e neurocientistas começaram a empregar as técnicas de imagem cerebral para identificar registros de atividade no cérebro enquanto as pessoas executam tarefas cognitivas (Matlin, 2004).

A articulação dos trabalhos desses profissionais fomentou esclarecimentos sobre os processos cognitivos. Cabe salientar que as funções mentais das quais se destacam a concepção, a memória, a linguagem, o pensamento e a atenção são concebidas no cérebro, que é tido como o órgão da aprendizagem. Um conjunto de áreas do cérebro humano atua em conjunto para a realização de tarefas.

O pontapé inicial para a compreensão desses processos surge a partir de estudos com pacientes que apresentavam déficits cognitivos decorrentes de lesões no cérebro. No entanto, localizar tais danos não é simples, pois a destruição de tecidos na maioria dos casos não se concentra em uma única região; outras estão envolvidas. Além disso, o déficit em uma determinada função mental pode ser compensada por outras, o que faz com que os resultados das pesquisas apresentem desvios inconclusivos (Matlin, 2004).

Essa capacidade adaptativa do cérebro deve-se a ele ser formado por mais de cem bilhões de neurônios que se comunicam na troca de informações por meio de impulsos elétricos e sinais químicos, favorecendo a formação de ligações entre essas células e suas renovações, processo denominado sinapse. Assim, diante de estímulos, o SN pode responder de forma adaptativa (Lent, 2010).

De acordo com Mourão-Junior, Oliveira e Faria (2017, p. 21), “A maioria dos sistemas nervosos são plásticos, ou seja, são modificados com a experiência, o que significa que as sinapses envolvidas são alteradas por estímulos ambientais captados por alguma modalidade de percepção sensorial”. Por esse viés, as experiências podem se constituir em novos conhecimentos ou em mudanças de comportamento quando acompanhadas de uma intencionalidade de ensinar e aprender que venha a ser empregada em tarefas com o intuito de resolver determinadas situações.

Cosenza e Guerra (2011, p.140), ao afirmarem que “Se os comportamentos dependem do cérebro, a aquisição de novos comportamentos, importante objeto da educação, também resulta de processos que ocorrem no cérebro do aprendiz”, reiteram a função crucial do cérebro no processo de ensino e aprendizagem, assim como do processo de neuroplasticidade, que consiste em uma reestruturação e fortalecimento dos canais de processamento da informação.

Diante do exposto, notam-se evidências diretas da articulação das neurociências e a educação, até porque não é possível ignorar a presença do cérebro no processo de aprendizagem. Compreender como funciona pode ajudar no aprimoramento e na fundamentação de novas práticas pedagógicas, além de melhorar aquelas já realizadas com sucesso, estruturando-as com estratégias e recursos didáticos que estejam de acordo com o funcionamento do cérebro. Isso pode tornar o ensino e a aprendizagem mais eficientes, logo, a abordagem deve apresentar um caráter científico (Cosenza; Guerra, 2011; Russo, 2015).

Na literatura, notam-se posições afirmativas sobre as contribuições das neurociências para a educação. Silva (2018), apoiando-se em Royal Society (2011), afirma que a prática educativa amparada nos constructos da NC pode ser transformada, isso porque essa ciência lida com estudos sobre os processos mentais requisitados para a aprendizagem. Além desses, os fatores biológicos e ambientais interferem no desenvolvimento de habilidades que, conseqüentemente, fomentam mudanças no cérebro.

Partindo desse entendimento, Vieira (2012) defende a cooperação entre os educadores e os neurocientistas no processo de formação inicial e continuada de professores e professoras, pois, de acordo com Bartoszeck (2006), as neurociências apresentam estudos que podem nortear as pesquisas em educação e o trabalho do professor ou professora em sala de aula. Como mostra o Quadro 5, são percebidos alguns princípios da Neurociência em atividade de sala de aula.

Quadro 5 - Princípios da Neurociência com potencial aplicação na sala de aula

Marcador	Princípios da Neurociência (PN)	Ambiente de sala de aula
PN1	Aprendizagem, memória e emoções ficam interligadas quando ativadas pelo processo de aprendizado.	Aprendizagem é uma atividade social, portanto, os estudantes precisam de oportunidades para discutir tópicos. Um ambiente tranquilo encoraja o estudante a expor seus sentimentos e ideias.
PN2	O cérebro se modifica aos poucos, fisiológica e estruturalmente como resultado da experiência.	Aulas práticas e exercícios físicos com envolvimento ativo dos participantes possibilitam associações entre experiências prévias e o entendimento atual.
PN3	O cérebro mostra períodos ótimos (períodos sensíveis) para certos tipos de aprendizagem, que não se esgotam mesmo na idade adulta.	É necessário ajustar as expectativas e os padrões de desempenho de acordo com as características etárias específicas dos estudantes, assim como usar unidades temáticas integradoras.
PN4	O cérebro mostra plasticidade neuronal (sinaptogênese), mas uma maior densidade sináptica não prevê maior capacidade generalizada de aprender.	Os estudantes devem sentir-se “detentores” das atividades e temas que são relevantes para suas vidas. Ao fornecer atividades pré-selecionadas com a possibilidade de escolha das tarefas, aumenta-se a responsabilidade do estudante no seu aprendizado.
PN5	Inúmeras áreas do córtex cerebral são simultaneamente ativadas no transcurso de nova experiência de aprendizagem.	É importante criar situações que reflitam o contexto da vida real, de forma que a nova informação se “ancore” na compreensão anterior.
PN6	O cérebro foi evolutivamente concebido para perceber e gerar padrões ao testar hipóteses.	É fundamental promover situações em que se aceitem tentativas e aproximações ao gerar hipóteses e apresentar evidências, além de utilizar resolução de “casos” e simulações.
PN7	O cérebro responde, devido à herança primitiva, às gravuras, imagens e símbolos.	Também é necessário proporcionar ocasiões para os estudantes expressarem conhecimento por meio das artes visuais, música e dramatizações.

Fonte: Adaptado de Rushton e Larkin (2001) *apud* Bartoszeck (2006).

Com relação à colaboração das neurociências para a Educação, Relvas (2020, p. 13) afirma que ela pode trazer embasamento científico que permite que o educador compreenda o desenvolvimento da aprendizagem. Assim, “Em seu planejamento, o educador deve estabelecer metodologias de ensino, sensibilizando-se com os educandos, tendo em mente que eles são seres constituídos de uma biologia cerebral em constante movimento e transformação, portadores de conexões nervosas que nunca estancam”. Por isso, é preciso atender às demandas bioquímicas do cérebro e das funções neurais superiores, o que demanda o emprego de instrumentos e recursos sensoriais capazes de estimular regiões do córtex cerebral.

Apesar de a Neurociência ser uma área nova de conhecimento considerada na educação, suas funções básicas já eram empregadas nos estudos psicopedagógicos

de psicólogos como Jean Piaget (1896-1980) acerca do desenvolvimento cognitivo do ser humano no estabelecimento dos quatro estágios, são eles: sensório-motor, pré-operatório, operatório concreto e operatório formal. Destacam-se também os estudos de David Ausubel (1918-2008), com a teoria da Aprendizagem Significativa, que consiste na interação entre os conhecimentos prévios e novos, assumindo outros significados em contextos diversos. E os estudos de Lev Vygotsky (1896-1934), com a zona de desenvolvimento proximal, uma distância entre o desenvolvimento real e potencial da criança, no qual o contexto social, histórico e cultural é referência para o desenvolvimento dos processos mentais superiores (Moreira, 1999).

Em relação a essa correlação direta em alguns aspectos, esses dois campos do conhecimento dialogam. Assim, é necessário frisar que esse entrelace não tem o objetivo de inaugurar uma nova pedagogia, mas apontar caminhos metodológicos adequados e frutíferos para a aprendizagem.

### **3.3 A importância da Neurociência Cognitiva no Ensino de Química**

Na aprendizagem de química, além das teorias de desenvolvimento cognitivo citadas anteriormente que servem de subsídios para a estruturação das atividades pedagógicas, a NC é mais uma opção teórica aliada do ensino e da aprendizagem, segundo afirma Camillo (2021, p. 4), “a neurociência é responsável por todas as funções cerebrais, inclusive a parte do cérebro responsável pelo estímulo e pela motivação em aprender”. Nesse sentido, elaborar situações de estímulo à aprendizagem para o ensino dessa ciência abstrata é um desafio a ser superado. Em razão disso, é essencial a compreender que, na aprendizagem dos conteúdos de química, devem ser consideradas as “[...] estruturas físicas (cérebro), psicológicas (mente) e cognitivas (mente/cérebro)” (Pantano; Zorzi, 2009, p. 170).

Cosenza e Guerra (2011) compartilham do mesmo entendimento em relação à contribuição da Neurociência nos processos de ensino e aprendizagem. No campo da educação em ciências, incluindo o Ensino de Química, há pesquisas que exploram a neurociência e a cognição para compreender como o cérebro dos estudantes processa e retém informações. A Neurociência como um aporte teórico, uma estratégia pedagógica ou similares, exceto nos estudos que tratam do ensino de Ciências. Isso destaca a necessidade de estudos sobre o ensino de conteúdo dessa disciplina com as lentes da NC.

Na medida em que o professor ou a professora tomam consciência de que a base da aprendizagem é a modificação de comportamentos, percebem que, antes de serem expressas, ocorrem alterações e rearranjos na rede de neurônios do córtex cerebral. Essa aproximação/diálogo da Neurociência com o Ensino de Química pode tornar o aprendizado mais eficiente e motivador, com o emprego de metodologias diversificadas, evitando possíveis estabelecimento de dificuldades na aprendizagem, como aquelas mencionadas aqui, relatadas por alguns autores em suas pesquisas.

Nesse sentido, Sá, Narciso e Fumiã (2020, p. 6) afirmam que o professor conhecedor das informações sobre o cérebro pode modificar sua prática pedagógica “[...] baseando-se no funcionamento e nos mecanismos cerebrais envolvidos no processo de aprendizagem, a fim de perceber as distinções nas capacidades cognitivas de cada aluno e buscar potencializar as habilidades individuais dos aprendizes”.

### **3.4 A aprendizagem numa perspectiva neurocientífica**

Para Vygotsky, o ser humano se constitui na interação com o meio em que vive, a partir da construção e ressignificação dos conhecimentos em meio a uma relação dialética que esse estabelece com o outro, envoltos por processos históricos, culturais e sociais, construídos ao longo da vida. À vista disso, o homem está em constante processo de desenvolvimento e aprendizagem, sendo esta uma mudança de comportamento fruto dessas interações em que os fatores culturais, ambientais, emocionais, neurológicos e cognitivos estão envolvidos nesse fenômeno complexo que é a aprendizagem (Rego, 1995).

Em uma perspectiva neurocientífica, a aprendizagem combina informações presentes no ambiente que chegam ao SN. Esse sistema se divide em Sistema Nervoso Periférico (SNP), que tem a função de conectar os órgãos periféricos ao SNC, que são processadas pelo cérebro e transformadas em comportamentos. Nas visões de Cosenza e Guerra (2011), para compreender como o cérebro se comporta em relação à aprendizagem, é relevante que se tenha conhecimento de como as informações são transformadas até chegarem a ele.

Nesse intento, buscou-se compreender os percursos e as transformações das informações no sistema sensitivo visual, tendo em vista que o olho é um órgão dos sentidos mais requisitados no estado de seletividade dos estímulos visuais no

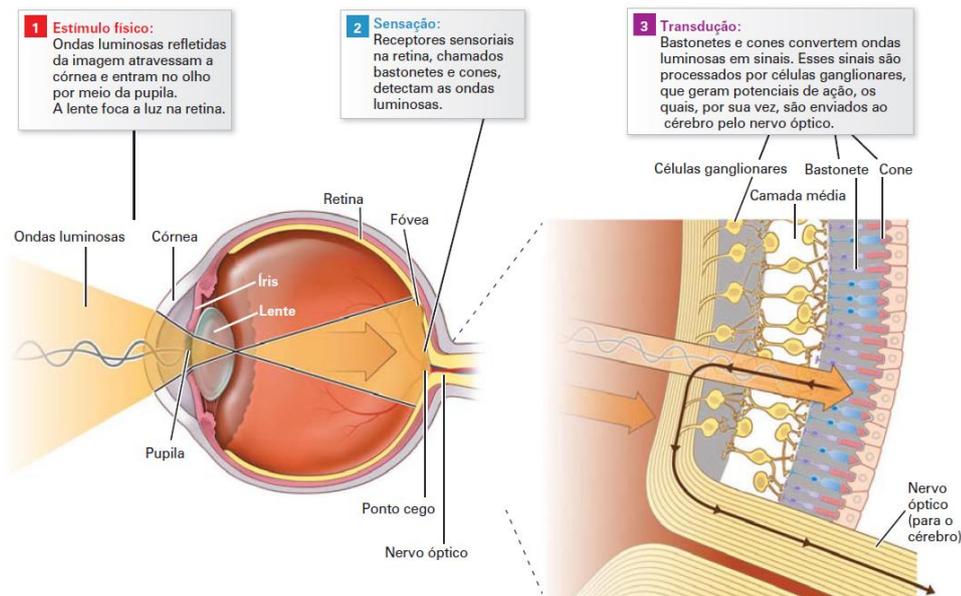
processo de aprendizagem, fato de culminou com os fundamentos da TIC, considerada nesta pesquisa.

Portanto, parte-se do entendimento de que no ambiente existem diferentes formas de energia (ondas elétricas e magnéticas) que incidem sobre os sistemas sensitivos do ser humano e dos animais, os quais as captam (Cosenza; Guerra, 2011). Tratando-se da informação no sistema sensitivo visual do homem, inicialmente, a luz é considerada como uma fonte de energia eletromagnética, visível ao olho humano entre uma frequência de 400nm a 700nm, na forma de ondas luminosas refletidas ou emitidas pelos objetos. Essas ondas atravessam uma superfície vítrea transparente externa do olho, a córnea, ininterrupta a esclera (região branca do globo ocular), a qual é nutrida pelo fluido humor aquoso (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Antes de chegar à retina, a luz (informação) atravessa a pupila, que é a região central mais escura do olho que regula a entrada da luminosidade, contraindo-se diante da intensa luz ou dilatando-se sob a incidência da luz baixa.

Nesse controle, a íris, conhecida por determinar a cor dos olhos, conta com dois músculos que regulam o tamanho da pupila na passagem da luz para a estrutura atrás da íris, o cristalino, por sua vez, é uma lente biconvexa transparente e gelatinosa que refrata a luz, regulando o foco para a retina por meio do humor vítreo. Nessa fase inicial da passagem da informação luminosa por essas estruturas básicas do olho, como mostradas na Figura 16, pode não ocorrer devido a lesões que comprometam a capacidade de receptividade pela retina (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Figura 16 - Anatomia do olho humano e a condução de luminosidade



Fonte: Gazzaniga, Heatherton e Halpern (2018).

A retina é tida com a janela do encéfalo para o meio externo (Kandel *et al.*, 2014). É uma fina lâmina de neurônios fotorreceptores, os cones e os bastonetes, que detectam estímulos luminosos e os convertem em sinais elétricos e químicos, processo denominado de fototransdução. Esses sinais são processados por células ganglionares capazes de enviar informações eferentes da retina por meio dos axônios dos neurônios que formam os nervos ópticos, destinados a levar as informações para a região do córtex visual (Kandel *et al.*, 2014).

Referenciando a esse processo, Cosenza e Guerra (2011) destacam que:

Os processos sensoriais começam sempre nos receptores especializados em captar um tipo de energia. Neles tem início um circuito, em que a informação vai passando em uma célula a outra, até chegar em uma área do cérebro, geralmente o córtex cerebral, responsável por seu processamento [...] (Cosenza; Guerra, 2011, p. 17).

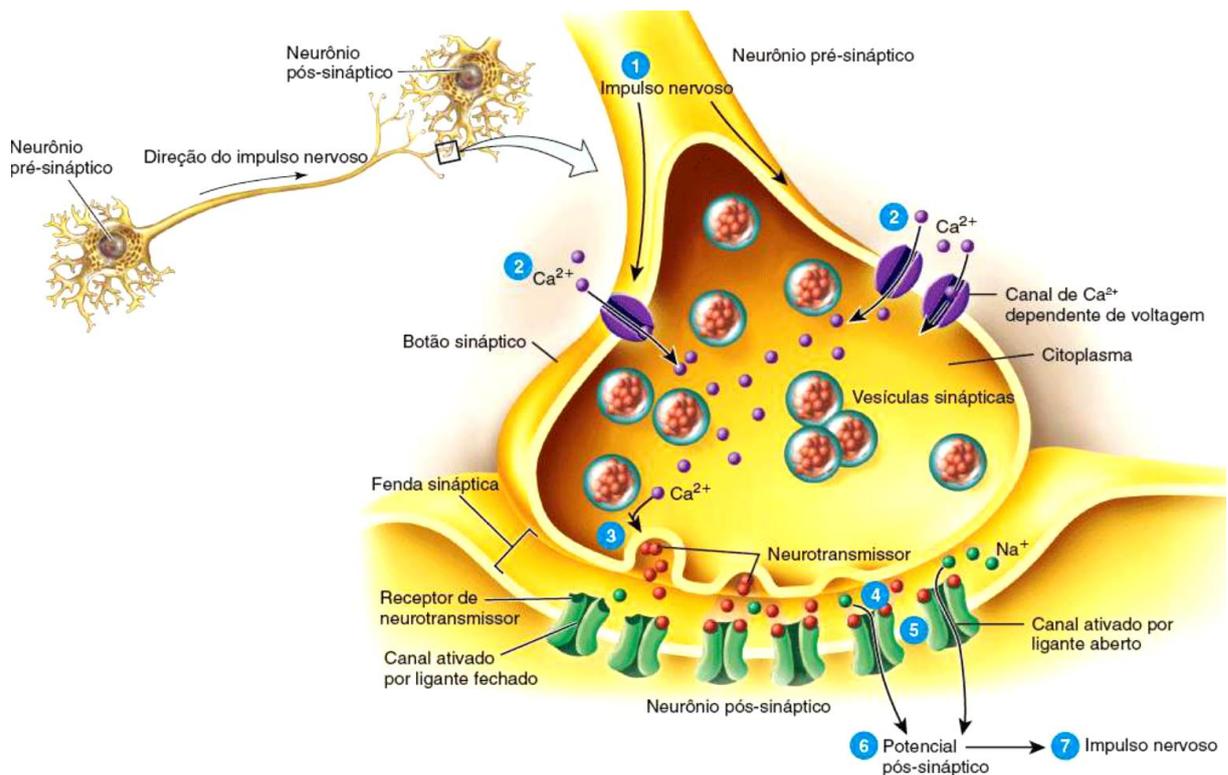
Os neurônios são células do SN que variam de forma e tamanho, mas que, ainda assim, são constituídos de um corpo celular ou soma. Essa é uma região responsável pelo metabolismo e pela síntese de proteínas, ou seja, é onde ocorre a renovação da estrutura da célula. Eles se comunicam por meio dos dendritos, pelos quais chegam as informações originadas por outro neurônio. Os dendritos apresentam aspectos semelhantes aos galhos de uma árvore. As informações são conduzidas no **axônio**, que se constitui em um tubo fino por onde impulsos de sinal eletroquímico

são transmitidos até os feixes terminais, última parte dos neurônios, onde acontece a comunicação entre as células pré-sináptica e pós-sináptica.

Essa comunicação se dá por meio de uma fenda sináptica, Figura 17, que é um espaço entre os dendritos de um neurônio e os feixes terminais de outros neurônios, onde neurotransmissores de natureza excitatória ou inibitória são liberados e recebidos, transmitindo mensagens - informações na forma de substâncias químicas - de um neurônio a outro (Eysenck, Keane, 2017; Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2006).

A respeito dos axônios, Sternberg (2010) ressalta que eles podem apresentar ou não mielina, que é uma substância branca e gordurosa que envolve alguns axônios, principalmente os mais longos, protegendo-os de interferências elétricas. A mielinização dos axônios tem a função de acelerar o processo de passagem da informação eletroquímico por essa estrutura longa. No entanto, existem axônios não mielinizados, que são curtos e não precisam de meios para acelerar a condução das informações.

Figura 17 - Esquema de sinapse química entre neurônio pré-sináptico e pós-sináptico



Fonte: Tortora; Derrickson (2012, p. 249)

Esse processo de comunicação dos botões sinápticos nos feixes terminais de um neurônio pré-sináptico, pela fenda sináptica por neurotransmissores, com os

dendritos de outro neurônio pós-sináptico, deve-se à geração de corrente elétrica em virtude da diferença de potencial elétrico da membrana dos neurônios pelos canais iônicos. Isso ocorre devido às diferentes concentrações de tipos de bombas iônicas de cátions e ânions nos fluidos extracelulares e intracelulares, a saber, potássio ( $K^+$ ), cloro ( $Cl^-$ ), sódio ( $Na^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e outros (Lent, 2010).

No fluido intracelular, existe uma grande concentração de cátions  $K^+$  e ânions orgânicos, enquanto no fluido extracelular estão os íons  $Cl^-$  e  $Na^+$ , também em grande quantidade. A movimentação desses fluidos de um meio a outro se dá por impulsos elétricos devido à difusão, ou seja, a passagem de substâncias de um meio mais concentrado para o menos concentrado, e à pressão eletrostática, que consiste em uma força de atração ou repulsão entre cargas elétricas (Russo, 2015).

Sendo assim, os íons de  $K^+$  são forçados a sair para o fluido exterior em processo de difusão. Entretanto, devido à elevada concentração de íons de  $Na^+$  no exterior do neurônio, uma pressão eletrostática repulsiva é exercida com os íons de  $K^+$ , impedindo-os de sair, em razão de suas cargas serem iguais. No caso dos íons de  $Cl^-$ , não adentram no interior da membrana, por conta da alta concentração de ânions orgânicos no interior, tendo em vista que o fluido intracelular é negativo. Já os íons  $Na^+$  que se concentram no fluido exterior da célula, apesar da força de difusão, não conseguem entrar em virtude de a membrana ser menos permeável quando comparado aos  $K^+$ .

Segundo Kandel (*et al.*, 2014),

[...] os canais são surpreendentemente seletivos para os íons aos quais eles são permeáveis. [...] o potencial de membrana negativo, das células nervosas é grandemente determinado por uma classe de canais de  $K^+$  cem vezes mais permeáveis ao  $K^+$  do que ao  $Na^+$  (Kandel *et al.*, 2014, p. 164).

A estrutura básica da membrana é constituída por uma dupla camada de fosfolípidios. Nesse processo de permeabilidade, que regula a transição desses íons em um neurônio polarizado, para cada três íons de  $Na^+$  que são transportados para fora da célula, dois íons de  $K^+$  conseguem entrar. Essa bomba de sódio e potássio, que regula o nível de sódio no interior, gera um potencial de ação ou impulso nervoso que consiste na redistribuição de carga elétrica presente na membrana. Ao receber um estímulo, a membrana torna-se mais permeável ao  $Na^+$ , despolarizando, abrindo canais e provocando alterações na superfície citoplasmática no neurônio (Lopes; Rosso, 2020).

Um potencial de ação na membrana depende do nível limiar neural, ou seja, do nível crítico de despolarização com a entrada de  $\text{Na}^+$ , do qual depende a sinapse química, como explica Kandel (2014).

Durante o potencial de ação pré-sináptico, abrem-se canais de  $\text{Ca}^{2+}$  dependentes de voltagem nas zonas ativas, permitindo a entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  no terminal pré-sináptico. O aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular desencadeia uma reação bioquímica que leva as vesículas a se fundirem com a membrana pré-sináptica e liberarem neurotransmissor na fenda sináptica, um processo denominado *exocitose*. As moléculas do transmissor então se difundem pela fenda sináptica e se ligam a seus receptores na membrana celular pós-sináptica. Isso, por sua vez, ativa os receptores, levando à abertura ou ao fechamento de canais iônicos. O fluxo iônico resultante altera a condutância da membrana e, assim, o potencial da célula pós-sináptica (Kandel *et al.*, 2014, p. 163).

Durante a sinapse elétrica, as células se comunicam por meio de canais denominados de junção comunicante, fazendo com que exista uma continuidade entre os citoplasmas dos neurônios pré-sinápticos e pós-sinápticos. Diferente da sinapse química, isso não acontece, um potencial de ação libera os neurotransmissores no fluido extracelular, precisamente na fenda sináptica, como mostrado na Figura 16, que são captados por receptores presentes na membrana que passar por canal iônico que inicialmente está fechado, mas é aberto nos axônios pós-sinápticos. Nesta sinapse, as informações elétrica e química são processadas, modificadas e enviadas para outro neurônio.

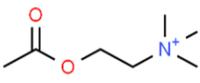
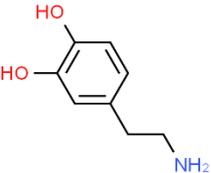
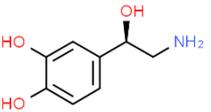
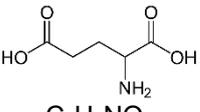
Os cientistas já contabilizam mais de 50 tipos de neurotransmissores presentes nas comunicações sinápticas intercelulares neuronais, estes são classificados em três tipos: amina, aminoácido e peptídeo. Entre as substâncias neurotransmissoras, destacam-se a acetilcolina (ACh) ( $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ ) e a noradrenalina ( $\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}_3$ ), também conhecida como adrenalina. Essas foram as primeiras a serem reconhecidas como tal (Kandel *et al.*, 2014).

O neurotransmissor ACh, do tipo amina, tem forte influência no sono e no estado de alerta e está ligado à memória (ver Quadro 6). Já a noradrenalina, de molécula pequena, tem ação importante sobre a atividade neural e o tronco cerebral. Além desses, não menos importante, o neurotransmissor dopamina ( $\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}_2$ ), do tipo amina, segundo Sternberg (2010, p. 32-33), “A dopamina está ligada à atenção e à aprendizagem. Também está relacionada com a motivação, como o reforço e a recompensa”.

A dopamina desempenha função no processo de aprendizagem e estado de atenção. Nesse sentido, os neurotransmissores são mensageiros das informações e

não agem sozinhos. Formam uma malha de neurônios que transmitem e recebem informações de áreas corticais e subcorticais responsáveis por essa função cognitiva tão importante que é requisita para a aprendizagem, assim como para a percepção.

Quadro 6 - Neurotransmissores envolvidos no processo de aprendizagem

Neurotransmissor	Tipo/ Categoria Química	Função	Molécula
<b>Acetilcolina (Ach)</b>	Excitatório Amina	Está envolvido no pensamento, aprendizado e memória, na transmissão de impulsos de células nervosas, de músculos cardíacos e de células de músculos do esqueleto.	 C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> NO <sub>2</sub>
<b>Dopamina (DA)</b>	Na maioria das vezes é inibitório. Amina	Está associado a sentimentos de prazer e satisfação, também influencia o movimento, a atenção e a aprendizagem.	 C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>
<b>Noradrenalina (NA)</b>	Excitatório Amina	Está relacionado com a regulação do aumento do nível de alerta e vigilância, sendo assim, também se relaciona com os processos cognitivos de aprendizagem, memória e criatividade	 C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub>
<b>Glutamato</b>	Excitatório Aminoácido	Amplamente distribuído no SNC, está envolvido com as funções cognitivas de aprendizagem e memória.	 C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>4</sub>
<b>GABA (ácido γ-gamaminobutírico)</b>	Inibitório Aminoácido	Presente em quase todas as regiões do encéfalo, está envolvido na regulação da excitabilidade neuronal, promovendo a inibição de atividades nervosas excessivas, contribuindo para o controle motor e da visão. Acredita-se que ele influencia alguns mecanismos envolvidos na aprendizagem e na memória.	 C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>

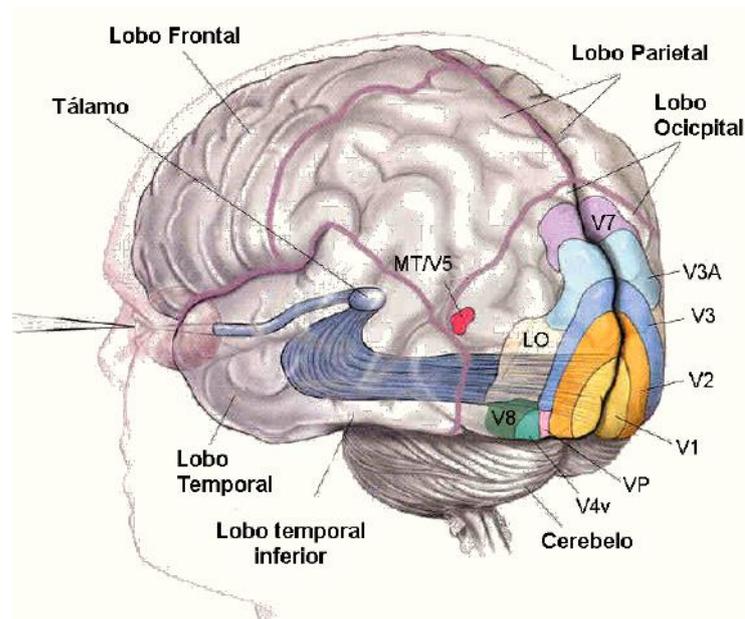
Fonte: O autor (2024).

Os neurotransmissores envolvidos na aprendizagem são de categoria química: aminas e aminoácidos, que apresentam moléculas pequenas contendo, pelo menos, um átomo de N. Por outro lado, os neurotransmissores peptídicos apresentam moléculas grandes e suas estruturas são mais complexas, compostas por cadeias de aminoácidos.

Essas moléculas maiores, conhecidas como neuropeptídeos, desempenham um papel importante na regulação de funções cerebrais mais complexas, como o humor, a memória e a emoção. Diferentemente das amins e aminoácidos, os neurotransmissores peptídicos geralmente agem de forma mais lenta e possuem efeitos mais duradouros, além de serem sintetizados a partir de genes específicos. Embora exista essa diferença, tanto os neurotransmissores de moléculas pequenas quanto os neuropeptídeos são fundamentais para a comunicação entre os neurônios e desempenham um papel crucial na plasticidade e na adaptação do cérebro à aprendizagem e à memória.

Os sinais luminosos captados pelos fotorreceptores que formam as retinas são transformados em sinais elétricos e químicos transmitidos por impulsos nervosos através da rede de fibra nervosa que formam os nervos ópticos, chegando até os tálamos (núcleo geniculado lateral). Os tálamos são duas estruturas ovoides bilaterais formadas por substância cinzenta e cobertas por substância branca (grupos de neurônios). Eles constituem o centro do encéfalo e têm a função de retransmitir as informações motoras e sensitivas (exceto do olfato) para as regiões do córtex cerebral, os quatro lobos, Figura 13. No caso das informações sensitivas relacionadas à formação de imagens, aspectos específicos como cor, movimento, localização espacial e forma ativam o lobo occipital, especificamente o córtex visual primário ou V1, como mostra a Figura 18 (Sternberg, 2010).

Figura 18 - Córtex visual



Fonte: Yanchyk (2012).

O conhecimento que se tem hoje da organização e do funcionamento do córtex visual deve-se aos trabalhos de David Hubel e Torsten Wiesel, que empregaram técnicas de microelétrodos em animais a partir da apresentação de estímulos com resposta dos neurônios.

O córtex visual, também designado por V1 (área 17 de Brodmann), é a primeira área a receber informação do núcleo geniculado lateral, seguida das áreas V2, V3 e V3A. As áreas V1 e V2 estão envolvidas nos estágios iniciais de processamento das informações enviadas pelos tálamos. Há indícios de que as áreas V3 e V3A recebem informações de V1 e V2 e estão envolvidas no processamento das formas de objetos em movimento, enquanto a área V4 processa informações das cores e a orientação de linhas. Já a área V5 está envolvida no processamento de informações relativas ao movimento (Eysenck; Keane, 2017).

Segundo Ungerleider e Mishkin, em sua hipótese, nas áreas visuais além do córtex visual primário, as informações são processadas na via ventral, no reconhecimento de objetos, suas cores e suas formas, em direção ao lobo temporal. Outra via é a dorsal, que se dedica ao processamento de aspectos da visão espacial, como a localização espacial dos objetos, as direções e movimentações, em direção aos lobos parietal e frontal (Lent, 2010).

O SNC está protegido pela cavidade craniana e pela coluna vertebral e é constituído pelo encéfalo e pela medula espinhal. No encéfalo, tem-se o cérebro dividido em hemisfério direito e hemisfério esquerdo, o cerebelo, que coordena os movimentos do corpo e a aprendizagem motora e, por fim, o tronco encefálico, responsável por controlar as atividades vitais. Este é composto pelo bulbo, ponte e mesencéfalo (Lent, 2010).

O cérebro, considerado maior órgão do SNC e o mais importante pelo fato de ocupar 80% da cavidade craniana, é constituído aproximadamente por 100 bilhões de neurônios. Ele é responsável pelo controle das diversas funções vitais, como o pensamento, as emoções, a visão, a linguagem e outras, identificadas em regiões do córtex cerebral, que é uma região mais externa de coloração cinzenta e aspecto enrugado (Pantano; Zorzi, 2009).

O SN está em constantes modificações, desde o nascimento, passando pelas fases da adolescência, da fase adulta e por toda a vida. Essas transformações constituem o resultado das interações com o meio ambiente. As células nervosas têm potencial e facilidade de fazer novas ligações sinápticas, principalmente quando são estimuladas. Nesse sentido, a aprendizagem no cérebro está ligada às conexões neurais que envolvem as interações que vão sendo estabelecidas com o meio externo.

Para Cosenza e Guerra (2011), a aprendizagem:

[...] é consequência de uma facilitação da passagem de informações ao longo das sinapses. Mecanismos bioquímicos entram em ação, fazendo com que os neurotransmissores sejam liberados em maior quantidade ou tenham uma ação mais eficiente na membrana pós-sináptica. Mesmo sem a formação de uma nova ligação, as já existentes passam a ser mais eficientes, ocorrendo o que já podemos chamar de aprendizagem. Para que ela seja mais eficiente e duradoura, novas ligações sinápticas são construídas, sendo necessário, então, a formação de proteínas e de outras substâncias. [...].

[...] do ponto de vista neurobiológico a aprendizagem se traduz pela formação e consolidação das ligações entre as células nervosas. É fruto de modificações químicas e estruturais no sistema nervoso de cada um, que exigem energia e tempo para se manifestar. Professores podem facilitar o processo, mas, em última análise, a aprendizagem é um fenômeno individual e privado e vai obedecer às circunstâncias históricas de cada um de nós (Cosenza; Guerra, 2011, p. 38).

A aprendizagem, numa perspectiva neurocientífica, baseia-se no estudo do cérebro e do SN para entender como ocorrem os processos de aprendizagem. Por essa abordagem, busca-se compreender como o cérebro processa as informações, como os neurônios se comunicam e como as conexões entre eles são reforçadas ou enfraquecidas.

Um dos princípios fundamentais da perspectiva neurocientífica da aprendizagem é a plasticidade cerebral, que é a capacidade do cérebro de se adaptar e mudar ao longo da vida. Isso significa que o cérebro pode formar novas conexões sinápticas e reorganizar seu funcionamento para se ajustar a novas informações e experiências.

Com base nessas evidências, a perspectiva neurocientífica da aprendizagem propõe que a criação de ambientes de aprendizagem estimulantes e desafiadores, que engajem diferentes áreas do cérebro, pode favorecer a aprendizagem e a retenção do conhecimento. Além disso, estratégias pedagógicas que promovam a atenção, a motivação e a aplicação prática do conhecimento também são consideradas importantes para potencializar a aprendizagem.

Essa abordagem tem contribuído para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino e aprendizagem, como a utilização de tecnologias educacionais que explorem recursos multimídia, o uso de metodologias ativas que envolvam os estudantes de forma participativa e o uso de avaliações formativas que monitorem o aprendizado em tempo real.

No entanto, é importante ressaltar que a perspectiva neurocientífica ainda é um campo em desenvolvimento, e muitos aspectos do funcionamento cerebral ainda são desconhecidos. Portanto, a aplicação prática desses conhecimentos na educação deve ser feita com cautela e embasada em evidências científicas sólidas.

### **3.5 Atenção Seletiva: subsídio teórico à aprendizagem**

Alexandre Luria (1979) define a atenção como a capacidade de selecionar, filtrar e focar em determinados estímulos, enquanto Lima (2015) a define como a habilidade de direcionar recursos cognitivos para um estímulo específico. Já Cosenza e Guerra (2011) a descrevem como um processo seletivo que permite ao indivíduo concentrar-se em informações relevantes e ignorar estímulos irrelevantes.

Independentemente das diferentes definições propostas, fica evidente que a atenção desempenha um papel fundamental na vida das pessoas, principalmente na aprendizagem, pois ela permite lidar com uma quantidade imensa de estímulos, filtrando o que é importante e ajudando a tomar decisões adequadas. Por exemplo, ao dirigir um automóvel, é preciso prestar atenção aos outros veículos, às sinalizações e aos pedestres, filtrando as informações relevantes para operar o veículo de maneira

segura. Da mesma forma, na leitura e interpretação de textos e imagens, é necessário direcionar a atenção para compreender o conteúdo e extrair as informações necessárias (Cosenza; Guerra, 2011).

Nesse sentido, é importante ressaltar que a atenção não é um recurso cognitivo ilimitado, mas limitado, isso porque não é possível processar todas as informações (estímulos) ao mesmo tempo. Sobrecarregada a capacidade cognitiva da atenção, tentando prestar atenção a vários estímulos ao mesmo tempo, pode levar a erros e diminuição do desempenho cognitivo. Por isso, é importante aprender a gerenciar a atenção e evitar distrações desnecessárias (Sternberg, 2010).

Além disso, a atenção também está diretamente relacionada à memória. Ao prestar atenção em determinados estímulos, aumentam-se as chances de eles serem lembrados posteriormente. Segundo o modelo de atenção orientada proposto por Michael Posner (1994), a atenção desempenha um papel potencial na formação de memórias de longo prazo e na recuperação de informações armazenadas. Esse modelo sugere que a atenção é responsável por direcionar os recursos cognitivos para estímulos relevantes e filtrar informações irrelevantes.

Quando prestamos atenção a um estímulo, ele é processado de forma mais aprofundada e detalhada, o que facilita sua codificação e armazenamento na memória de longo prazo. Por outro lado, estímulos aos quais não prestamos atenção suficiente tendem a ser mal codificados e, portanto, têm menos chances de serem retidos na memória. Além disso, a atenção também desempenha um papel fundamental na recuperação de informações armazenadas. Quando buscamos acessar uma memória específica, a atenção direciona nossos recursos cognitivos para essa informação, facilitando sua recuperação.

Posto isso, pode-se afirmar que a atenção seletiva é um fenômeno neurocognitivo complexo que pode ser investigado e explorado por meio de métodos neurocientíficos, fornecendo *insights* sobre como funciona e como pode ser aprimorada para potencializar o processo de aprendizagem.

Nesse sentido, Posner (1994) foi buscar na neurologia explicações sobre a localização cerebral dos processos atencionais, assim descobriu as redes de alerta, orientação e executiva, que será detalhada mais adiante. Assim, sugere-se que a atenção seletiva é um construto que envolve tanto processos cerebrais como cognitivos complexos, relevantes e que devem ser considerados no processo de

aprendizagem, uma vez que nesse processo a formação de memórias de longo prazo se dará a partir do estado atento do estudante.

Conforme Gazzaniga *et al.* (2006, p. 256), a atenção “[...] é um mecanismo cerebral cognitivo que possibilita processar informações, pensamentos ou ações relevantes, enquanto ignora outros irrelevantes ou disponíveis [...]”. A atenção é influenciada por fatores como interesse, intenção, expectativas e relevância das informações, e que demanda um estado de vigilância ou alerta de tônus do córtex para uma acomodação do foco atencional no cérebro.

As informações que chegam ao cérebro humano seguem através de circuitos neuronais que conectam receptores sensoriais e motores periféricos a regiões do SNC. Nos terminais dos axônios e dendritos, as informações são transmitidas de um neurônio para outro por meio de sinapses químicas, até chegar às regiões do córtex cerebral. No entanto,

“[...] boa parte dessa informação não chega a ser processada, não só porque é desnecessária e seria pouco econômico cuidar dela, mas também porque nosso cérebro apesar de constituído por bilhões de células interligadas por trilhões de sinapses, não tem capacidade de examinar tudo ao mesmo tempo. Por isso, a natureza nos dotou de mecanismos que permite selecionar a informação que é importante.” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 41).

Um estudo realizado por Corbetta e Shulman (2002) revelou que a rede frontoparietal, composta pelos córtices pré-frontal dorsolateral (CPF DL) e parietal inferior posterior (PPIP), desempenha um papel crucial na atenção seletiva. O CPF DL é responsável por controlar e regular a atenção, enquanto o PPIP está associado à orientação espacial. Juntos, eles trabalham em sinergia para direcionar a atenção para estímulos relevantes.

Além disso, uma estrutura importante na neurofisiologia da atenção seletiva é o sistema ativador reticular ascendente (SARA). Esse sistema, situado no tronco encefálico, é responsável por liberar neurotransmissores como noradrenalina, dopamina e serotonina, que desempenham um papel fundamental na regulação da atenção e da vigilância. Estudos mostraram que um aumento na atividade do SARA está associado ao aumento na atenção seletiva.

Outro aspecto importante é o papel do córtex visual primário, V1, e do córtex visual associativo, V4, na atenção seletiva. Estudos realizados por Desimone e Duncan (1995) identificaram que essas áreas cerebrais estão envolvidas na seleção de estímulos visuais relevantes para a tarefa em questão. No entanto, o V4 parece desempenhar um papel mais específico na seleção de características visuais

discriminantes, enquanto o V1 está envolvido na análise básica de estímulos visuais. (Desimone; Duncan, 1995).

Ainda, a amígdala e o córtex cingulado anterior também estão envolvidos na neurofisiologia da atenção seletiva. A amígdala é uma estrutura do sistema límbico que desempenha um papel crucial na detecção e atribuição de significado emocional aos estímulos. Já o córtex cingulado anterior, uma região do córtex pré-frontal, está envolvido no monitoramento de conflitos de informações e no controle de erros. Essas estruturas, em conjunto com outras áreas cerebrais, contribuem para a regulação e modulação da atenção seletiva em situações emocionalmente envolventes e desafiadoras (Cosenza; Guerra, 2011).

A atenção seletiva é um processo cognitivo complexo que envolve a interação de várias áreas cerebrais e sistemas neurais. Estudos têm identificado o papel do CPFDL, PPIP, SARA, V1, V4, amígdala e córtex giro cingulado anterior na regulação e modulação da atenção seletiva. Essas descobertas têm contribuído para o avanço do conhecimento sobre a neurofisiologia da atenção seletiva e podem fornecer *insights* para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas em distúrbios relacionados à atenção.

Nos estudos da psicologia cognitiva, a respeito dessa atividade cognitiva, destaca-se o nome do psicólogo William James, um crítico do estruturalismo que buscou compreender como a mente trabalha. Por volta de 1890, a partir de um olhar mais filosófico do que fisiológico da atenção, James define a atenção como a tomada de consciência pela mente daquilo que é de interesse, sendo a concentração e a focalização elementos da atenção (Gazzaniga; Heatherton; Halpern, 2018).

No início e em meados do século XX, surgiram várias teorias que explicam a atenção seletiva, uma delas é a Teoria do Filtro de Donald Broadbent (1958), que sugere que o cérebro possui um filtro que seleciona apenas um estímulo para ser processado de cada vez. Para isso, baseia-se em características físicas, como o volume ou a frequência de um estímulo.

Outra teoria importante é a Teoria do Processamento de Recursos Múltiplos, de Daniel Kahneman, que propõe que os recursos da atenção são limitados e distribuídos entre as tarefas que estão sendo realizadas. Dessa forma, quando se realiza uma tarefa que requer muita atenção, tem-se menos recursos disponíveis para outras tarefas.

Em 1980, um modelo de processos de atenção no cérebro humano foi proposto por Michael Posner. Esse modelo baseia-se na ideia de que a atenção é um sistema cognitivo responsável por selecionar e processar informações relevantes para a tarefa em andamento de forma prioritária. Esse sistema é composto por três componentes principais:

1. Rede de alerta: é responsável por manter um estado geral de alerta no cérebro e por direcionar a atenção para estímulos importantes e relevantes do ambiente. Essa rede é ativada em situações em que o estado de alerta é necessário e pode ser influenciada por fatores como o nível geral de excitação do indivíduo.

2. Rede de orientação: esta rede está envolvida na seleção e direcionamento da atenção para uma localização espacial específica no ambiente. Ela permite que a atenção seja deslocada de um objeto para outro e é influenciada por estímulos visuais e pistas de orientação.

3. Rede executiva: é responsável pela regulação e controle da atenção e dos processos cognitivos superiores. Essa rede é responsável por filtrar e selecionar informações relevantes, inibir os distratores e manter o foco na tarefa principal. Também é ativado quando há um conflito entre diferentes estímulos ou quando a atenção precisa ser mudada de forma flexível.

No modelo atencional de Posner, essas três redes interagem entre si e são ativadas de acordo com as demandas da tarefa e as características do estímulo. Por exemplo, se uma pista visual é apresentada em um local específico do campo visual, a rede de orientação direciona a atenção para esse local e a rede executiva processa as informações relevantes ali.

Este modelo tem sido amplamente utilizado para estudar processos de atenção e suas alterações em diversas condições, como transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH) ou lesões cerebrais. Ele tem fornecido uma estrutura teórica sólida para entender como a atenção funciona no cérebro e como as habilidades de atenção podem ser aprimoradas e treinadas.

Dos mecanismos de regulação da atenção, destaca-se: *bottom-up* (de baixo para cima) e *top-down* (de cima para baixo). São dois processos cognitivos usados pelo cérebro para direcionar e focalizar a atenção em estímulos específicos (Gazzaniga, 2009).

A atenção *bottom-up*, também conhecida como atenção exógena, é um tipo de atenção controlada pelo estímulo. Nesse mecanismo, a atenção é atraída

automaticamente para estímulos novos, intensos ou inesperados no ambiente. Por exemplo, se você está em um ambiente silencioso e de repente ouve um som alto, sua atenção será direcionada para esse som sem que você precise fazer um esforço consciente para isso. Esse tipo de atenção é influenciado pela novidade, intensidade e saliência do estímulo.

A atenção *top-down*, também conhecida como atenção endógena, é um tipo de atenção controlada pela cognição. Nesse mecanismo, a atenção é direcionada voluntariamente de acordo com as metas, objetivos e expectativas do indivíduo. É um processo consciente e controlado, que envolve a seleção seletiva de estímulos relevantes para a tarefa em mãos e a supressão de informações irrelevantes. Por exemplo, se você está em um local barulhento, mas precisa se concentrar em uma tarefa específica, direcionará sua atenção para essa tarefa, ignorando os outros estímulos ao seu redor. Esse tipo de atenção é influenciado pela orientação, memória de trabalho e expectativas do indivíduo (Matlin, 2004).

A atenção *bottom-up* ocorre automaticamente, enquanto a atenção *top-down* é dirigida pela intenção e pelas necessidades do indivíduo. Esses dois mecanismos de atenção trabalham juntos para ajudar o cérebro a processar informações do ambiente de maneira eficiente. Esses foram considerados por Treisman e Gelade na TIC (Matlin, 2004).

A seletividade, ou processo de focalização, é responsável por permitir que o sujeito elabore respostas rápidas ao estímulo recebido, descartando as informações que não são relevantes para ele. Segundo Sternberg (2010), a atenção pode ser dividida em dois processos: conscientes e inconscientes. A maioria dos processos cerebrais ocorre de maneira inconsciente, devido às informações recebidas pelo cérebro do meio interno do corpo (Cosenza; Guerra, 2011).

A atenção consciente, de acordo com Sternberg (2010), tem como objetivo auxiliar no monitoramento das interações do sujeito com o seu cotidiano, estabelecer conexões entre as lembranças e sensações, promovendo um sentido contínuo, e ajudar no controle de futuras ações.

Os processos automáticos e controlados estão relacionados aos sistemas pré-conscientes e conscientes, e podem exigir ou não um esforço cognitivo. Os processos automáticos ocorrem fora da consciência, apresentando pouca necessidade de controle consciente e permitindo a ocorrência de processos paralelos, sem uma sequência específica. Já os processos controlados exigem esforço cognitivo, ocorrem

de maneira sequenciada e demandam mais tempo para serem realizados em comparação aos processos automáticos.

É importante ressaltar que um processo controlado pode se transformar em automático à medida que os esforços cognitivos não são mais necessários. Silva (2019) destaca que muitas tarefas começam como processos controlados e se tornam automáticas com o tempo, seguindo o desequilíbrio proposto por Piaget na aquisição de conhecimento.

A automatização, ou seja, a transmutação do processo consciente para o inconsciente, é um fenômeno estudado no processamento da atenção (Lima, 2005).

Diversos fatores influenciam o processamento da atenção, como o ambiente em que o indivíduo está inserido, a importância da atividade desenvolvida, a motivação, a qualidade das informações captadas e o estado emocional do sujeito (Cortese; Mattos; Bueno, 1999). Em relação aos tipos de processamento automático e controlado, os estímulos recebidos do meio remetem à atenção seletiva, sustentada, alternada e dividida, conforme especificadas no Quadro 7, classificação e descrição proposta por Lima (2005).

Quadro 7 - As quatro funções de atenção conforme Lima

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>
<b>Atenção seletiva</b>	Consiste na capacidade cognitiva do indivíduo de privilegiar determinados estímulos em detrimento de outros disponíveis.
<b>Atenção sustentada</b>	Descreve a capacidade do indivíduo de manter o foco atencional em um determinado estímulo ou sequência de estímulos durante um período para realizar uma tarefa.
<b>Atenção alternada</b>	Envolve a capacidade de alterar o foco atencional de um estímulo para outro.
<b>Atenção dividida</b>	Permite a realização de tarefas simultaneamente utilizando processamento automático e controlado.

Fonte: O autor (2024), adaptado de Lima (2005).

Luria (1979), um dos pioneiros a descrever sobre este mecanismo, afirmou que a seleção de informações durante o processo atencional depende do volume da atenção, da estabilidade e das oscilações. O volume da atenção refere-se à escolha dos estímulos dominantes, levando em consideração a quantidade de estímulos recebidos. A estabilidade diz respeito ao tempo de duração do estímulo considerado indispensável. Já as oscilações caracterizam o ciclo do processo, em que os conteúdos provenientes da consciência podem assumir uma característica dominante ou perdê-la.

A função executiva da atenção envolve tanto processos conscientes como inconscientes, o que se relaciona com os processamentos automáticos e controlados. Sternberg (2010) discute a importância desses processos na função cognitiva da atenção. Portanto, ao abordar a atenção em estudos acadêmicos, é importante considerar essas múltiplas perspectivas.

No entanto, é crucial ressaltar as limitações inerentes às pesquisas anteriores, uma vez que negligenciaram os processos automáticos envolvidos na atenção. Diante desse cenário, Treisman e Sato (1990) emergem como pioneiros ao proporem a integração metódica dos processos cognitivos e perceptivos, proporcionando uma compreensão mais abrangente da interação entre os processos *bottom-up* e *top-down*. Sob essa perspectiva inovadora, a TIC destaca-se ao oferecer discernimentos significativos sobre a condução das buscas visuais em estágios distintos. Nesse contexto, torna-se evidente que parte do processo atencional se desenrola conscientemente, por meio do processamento cognitivo, enquanto outra parte ocorre de maneira automática ou pré-consciente, reforçando a complexidade dinâmica da atenção.

O processamento automático da atenção está associado à percepção de formas e cores, que ocorre no lobo occipital. Além disso, o tratamento visual de objetos com características definidas ocorre na região ventral do lobo temporal, o que influencia o foco atencional (Kolb; Whishaw, 2002). Por outro lado, os processos de alta ordem ou *top-down* dependem da atividade cognitiva para definir os objetivos e orientações da atenção. Isso permite selecionar objetos importantes e inibir estímulos insignificantes, criando conexões com a imagética mental e a memória visuoespacial (Pashler; Johnston; Ruthruff, 2001).

### **3.6 A Teoria da Integração de Características**

Na realização das tarefas escolares, os estudantes efetuam buscas por características que definem os estímulos. Essas buscas podem se dar com foco em uma ou mais características. De acordo com Sternberg (2010, p. 129), “Para cada característica possível de um estímulo, cada indivíduo tem um mapa mental para representar determinada característica por meio de um campo visual”. Nesse sentido, cada indivíduo dispõe de uma forma de conduzir buscas de acordo com os

conhecimentos prévios que possuem e as características dos estímulos-alvo que lhes são apresentados. Logo, têm percepções diferentes.

A TIC ajuda a entender como são conduzidas as buscas visuais em um campo repleto de estímulos e não estímulos, em dois estágios, a saber, pré-atentivo e atento (Treisman; Gelade, 1980). No estágio pré-atentivo, emprega-se a atenção distribuída na qual é feito o registro de todas as partes de um campo visual de forma automática, sem muito esforço e emprego de processamento paralelo. É comum realizar mais de uma atividade ao mesmo tempo, sem que as pessoas se deem conta de que estão realizando, isso se deve em razão do tempo de experiência (Matlin, 2010).

No caso do estágio atento, há um processamento serial das características do estímulo-alvo mais complexo. Sendo assim, as características de um determinado objeto são processadas uma por vez, o que significa que se exige mais tempo de reação para a concepção estímulo e a resposta. Portanto, a atenção é focalizada.

De acordo com essa teoria, quando se percebe um objeto, o sistema visual analisa suas características individuais, como cor, forma, tamanho e textura. Essas características são processadas separadamente e, em seguida, combinadas para formar uma percepção completa do objeto.

A TIC também sugere que a percepção de um objeto é influenciada pelo contexto ao redor dele. Por exemplo, um objeto pode parecer menor ou maior, dependendo dos objetos ao seu redor.

Além desses estágios, mais alguns elementos relevantes foram integrados à TIC a partir de experimentos realizados com a ajuda de colaboradores. Treisman e Souther (1985) explicam a facilidade de busca na presença de uma característica presente empregando a atenção distribuída, enquanto, ao buscar uma característica ausente, a atenção focalizada é mais eficiente. Esse feito é chamado de presença/ausência da característica.

De acordo com Matlin, (2010, p. 42), “Ao contrário de nossas intuições baseadas no senso comum, o sistema visual na verdade processa as características do objeto de maneira independente”. Portanto, o processamento de características diferentes empregando atenção distribuída pode resultar em percepções equivocadas, a conjunção ilusória (Eysenck; Keane, 2017).

Essa teoria da atenção seletiva foi desenvolvida no campo da Psicologia Cognitiva por Treisman e Gelade, em 1980, sendo aprimorada posteriormente em 1993. Essa teoria apresenta aspectos que se sustentam em princípios da

Neuropsicologia e da NC, como afirma Sternberg (2010, p. 130), ao se referir a Hubel e Wiesel (1979), os quais “identificaram detectores de características neurais específicas - que são neurônios corticais que regem de modo diferenciado a estímulos visuais de posições específicas”.

Partindo dessa compreensão resumida do SNC, pode-se refletir sobre possíveis estratégias de estímulo à atenção seletiva em estudantes, com o objetivo de fazê-los concentrar nas aulas de química. No entanto, é necessário apresentar a eles atrativos que se assemelham com o mundo tecnológico do qual fazem parte. Dessa forma, é importante organizar recursos didáticos visuais e metodologias que visem estimular regiões do córtex cerebral envolvidas no estado de alerta e vigília, que são consideradas relevantes para a aprendizagem.

### **3.7 Teoria das Situações Didáticas**

Com efeito, para a aprendizagem do conteúdo em tela, foram pinçados alguns princípios da TSD desenvolvidos por Brousseau (1986), no propósito de modelar o processo de aprendizagem das noções de FOO. Por essas características, configura-se como uma pesquisa de microengenharia, destinada ao estudo de um determinado assunto, como postula Machado (1999).

A TSD considera a tríade (professor, estudante e saber), tendo em vista que o objeto central deste são as situações didáticas construídas no intuito de provocar modificações no comportamento dos estudantes, um interesse da pesquisa, a mobilização do estado atencional a partir de situações didáticas com uso de recursos didáticos genéricos.

É no contexto de análise do princípio e evolução históricos dos conteúdos da matemática, bem como a tarefa do professor de ensinar conteúdos matemáticos para os estudantes e das relações que são estabelecidas, que surge a TSD, desenvolvida pelo francês e matemático Guy Brousseau (1986).

De acordo com Almouloud (2007, p. 26), “[...] não se deve, unicamente, limitar-se à sala de aula para estudar o ensino e aprendizagem; é preciso considerar a organização do sistema educativo (programas, currículo, material pedagógico, livros didáticos, horários, etc.)”. Há um conjunto de situações essenciais que devem ser consideradas quando se tem a intenção de compreender o ensino e a aprendizagem, assim fez Brousseau, em sua teoria, focou nas interações que são estabelecidas entre

os sujeitos, nesse sentido, o objetivo está em modelar um conjunto de situações didáticas.

A situação didática da qual Brousseau se refere é aquela que leva em consideração o contexto ao entorno do estudante, que compreende desde o papel do professor e sua intenção didática de levar o estudante a aceitar o problema ou situação, no entanto, por mais complexo e envolvente que seja o problema, o professor precisa avaliar se é possível de resolução por parte do estudante. Nesse sentido, os conhecimentos prévios precisam ser suficientes, além de considerar todo o sistema educacional (Bittar, 2017).

Referindo-se a Brousseau, Almouloud (2017, p. 17) afirma que “O autor enfatiza que uma interação se torna didática se, e somente se, um dos sistemas mostra a intenção de modificar o outro em termos de sistema de conhecimento”. Diferente de outros modelos teóricos que consideram a situação didática como sendo a interação apenas de professor e estudante, na TSD, em uma situação didática estão: o professor, o estudante, um saber e o meio desses indivíduos, em francês *milieu* ou *milieux*. Neste trabalho emprega-se no sentido de “meio”, ainda que insuficiente para expressar o significado real do termo expresso pelo autor (Brousseau, 2008).

Sendo assim, na concepção de Brousseau (1986),

Uma situação didática é um conjunto de relações estabelecidas explicitamente entre um aluno ou grupo de aluno, num certo meio, compreendendo eventualmente instrumentos e objetos, e um sistema educativo (o professor) com a finalidade de possibilitar a estes alunos um saber construído ou em vias de construção [...]. O trabalho do aluno deveria, pelo menos, em parte reproduzir características do trabalho científico propriamente dito, como garantia de uma construção efetiva de conhecimentos (Brousseau, 1986, p. 8).

Em síntese, as situações didáticas são aquelas relações estabelecidas de forma explícita ou implicitamente entre os estudantes diante de um sistema educativo caracterizado pelo professor que tem intencionalidade didática de que os estudantes adquiram determinados saberes, contudo, é importante levar em consideração o interesse deles em querer aprender, logo, a situação ou problema que for apresentado precisa ser significativo, assim reconhecerão o conhecimento como aplicável a situações e em contextos não escolares, ou seja, sem intencionalidade didática (Almouloud, 2007).

Nesse sentido, o saber escolar, quando empregado fora do contexto de ensino, na ausência de intencionalidade aparente, ainda que discreta, mas presente pela lógica de ser do ato de construção do conhecimento, cria oportunidades para o

estudante se tornar produtor de seu próprio conhecimento, nesse sentido, não há intenção de satisfazer as expectativas do professor, esse tipo de situação é denominado por Brousseau (2008) como uma situação adidática, como especificada abaixo.

A concepção moderna de ensino exige, portanto, que o professor provoque a adaptação esperada em seus alunos por meio de uma escolha criteriosa dos “problemas” que coloca diante deles. Esses problemas, escolhidos de forma que os alunos possam aceitá-los, devem fazer com que os alunos ajam, falem, pensem e evoluam por sua própria motivação. [...] O aluno sabe muito bem que o problema foi escolhido para ajudá-lo a adquirir um novo conhecimento, mas também deve saber que esse conhecimento é inteiramente justificado pela lógica interna da situação e que pode construí-lo sem recorrer ao raciocínio didático. Não só pode, como deve fazê-lo, porque só terá adquirido verdadeiramente este conhecimento quando for capaz de o pôr em prática por si próprio em situações com que se deparará fora de qualquer contexto pedagógico e na ausência de qualquer intervenção intencional (Brousseau, 2002, p. 30, tradução nossa).

Quando é proposta ao estudante uma situação com características adidáticas, espera-se que ele sinta a necessidade de interagir com o professor. Isso ocorre porque ele busca informações relevantes para construir um modelo explicativo que possa responder ao problema (Teixeira; Passos, 2013).

Segundo Almouloud (2007), embasado em Brousseau (1986), em cada situação adidática repousa uma situação fundamental que “[...] constitui um grupo restrito de situações adidáticas cuja noção a ensinar é a resposta considerada a mais adequada/indicada, situação que permite introduzir os conhecimentos em sala de aula numa epistemologia propriamente científica” (p. 34). Nesse sentido, Brousseau (1986), para fundamentar o processo de caracterização da aprendizagem matemática, apoiado em um jogo, modela um conjunto de situações que denominou de situação de ação, formulação, validação e institucionalização<sup>22</sup>.

De acordo com Almouloud (2007, p. 37), “Uma boa situação de ação não é somente uma situação de manipulação livre ou que exija uma lista de instruções para seu desenvolvimento. Ela deve permitir ao estudante julgar o resultado de sua ação e ajustá-lo, se necessário, sem a intenção do mestre, graças à retroação do *milieu*”, porém, antes o estudante precisa aceitar a situação que Brousseau denomina de situação de devolução.

---

<sup>22</sup>A primeira versão da TSD não contava com a situação de institucionalização, Brousseau (2008), a partir das experiências na escola Jules Michelet, notou a necessidade dos professores de retomar a produção dos estudantes para conferir ou não como um saber, ao invés de passar para a próxima atividade ou tarefa sem que a anterior tivesse passado pelo crivo do professor.

Na situação de ação, o estudante, diante do problema que lhe fora apresentado, é posto em situação de reflexão sobre as condições e os esquemas de adaptação que serão mobilizados a partir das motivações para solucionar o problema. Interagindo com o meio, são tomadas decisões de ação por simulação e tentativa de acerto ou erro. A depender do que for julgado pelo próprio estudante, ele pode melhorar o modelo, mesmo que não apresente fundamentos teóricos, ou talvez, por iniciativa sua, tenha que abandonar e construir outro que apresente estratégias viáveis de solução (Gálvez, 1996).

No caso da fase de situação de formulação, é caracterizada por um repertório de informações trocadas entre os estudantes ou grupos de estudantes e o meio. As mensagens nessa comunicação podem ser orais ou escritas e apresentarem traço de uma linguagem informal e livre da formalidade da matemática ou das ciências, porém são mensagens com informações organizadas podendo apresentar fundamentos teóricos possíveis de comunicação lógica e de fácil compreensão. É possível que nas mensagens ocorram ambiguidade, redundância, emprego de metáforas e de termos inadequados para fazer parte do repertório (Teixeira; Passos, 2013; Santos; Alves, 2017).

Passadas as fases de ação e formulação, tem-se a situação de validação, que consiste na demonstração e defesa do modelo para validação ou invalidação. Nesse processo, o estudante passa de emissor a proponente e o receptor a oponente, assim, a tentativa de avaliação requer o emprego de linguagem matemática ou das ciências, demonstrações e emprego de mecanismos de comprovação de modo a evitar solicitação de mais explicações pelo oponente ou até refutar o modelo explicativo de solução do problema (Brousseau, 2006).

A última fase é a situação de institucionalização na qual o professor entra em atuação revelando aos estudantes sua intenção, assim, tem-se uma situação didática, enquanto nas três fases anteriores as situações são adidáticas nas quais o estudante está constantemente na ativa e de preferência sem a intervenção do professor. Nessa situação, os conhecimentos produzidos pelos estudantes são colocados na condição de saber ou descartados quando não for possível institucionalizá-los em razão de não atender ao problema ou a outra situação, assim como não apresentar fundamentos teóricos e científicos que se assemelham (Brousseau, 2007).

Essa fase não estava prevista na primeira formulação da TSD, em 1986, ela passou a fazer parte com emprego da teoria na análise da aprendizagem matemática

por professores que perceberam a necessidade de consolidar os conhecimentos construídos nas três fases, por uma necessidade de prestar conta do que foi produzido e a viabilidade de emprego (Almouloud, 2007; Brousseau, 2008).

Embora essa teoria tenha surgido na ciência da DM, alguns autores, como Silva (2018), Cruz, Sousa e Gomes (2019), Quidingo *et al.* (2021) defendem o emprego da TSD na construção e análise de situações de aprendizagem de saberes das ciências (física e química) pelo fato de estas apresentarem uma estruturação didática que se assemelha à matemática. Além disso, em meio à sistematização didática, é possível analisar o saber, o método, o professor e sua organização, e a situação do estudante em posição de aprendizagem.

Acredita-se que as situações didáticas e adidáticas permitem modelar o processo de aprendizagem com a diversificação dos estímulos a partir dos recursos didáticos visuais e concretos. Assim, optou-se por empregá-las na Situação Didática (SD) para fundamentar um ambiente estruturado para o desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem, possibilitando a observação da atenção dos estudantes e análise de como interagem com os conteúdos e os recursos disponibilizados.

### **Considerações Parciais**

Recorrer à História da Química permitiu compreender uma parte significativa do conhecimento acumulado ao longo dos anos nesta área, desde as primeiras teorias até as ciências atuais. Esse conjunto de conhecimentos não só explica a constituição da natureza, como também dá origem a outras ciências. É importante considerar os obstáculos epistemológicos que surgiram durante esse processo evolutivo, especialmente na Química, para tentar evitar a repetição dos mesmos erros e, quem sabe, superá-los no futuro. Nesse sentido, destacam-se os obstáculos enfatizados por Bachelard, que são importantes alertas para evitar que sejam estabelecidos na aprendizagem de um determinado conteúdo. Além disso, os OBD identificados por Guy Brousseau também devem ser apontados como alertas, visando evitar sua influência negativa no processo de aprendizado.

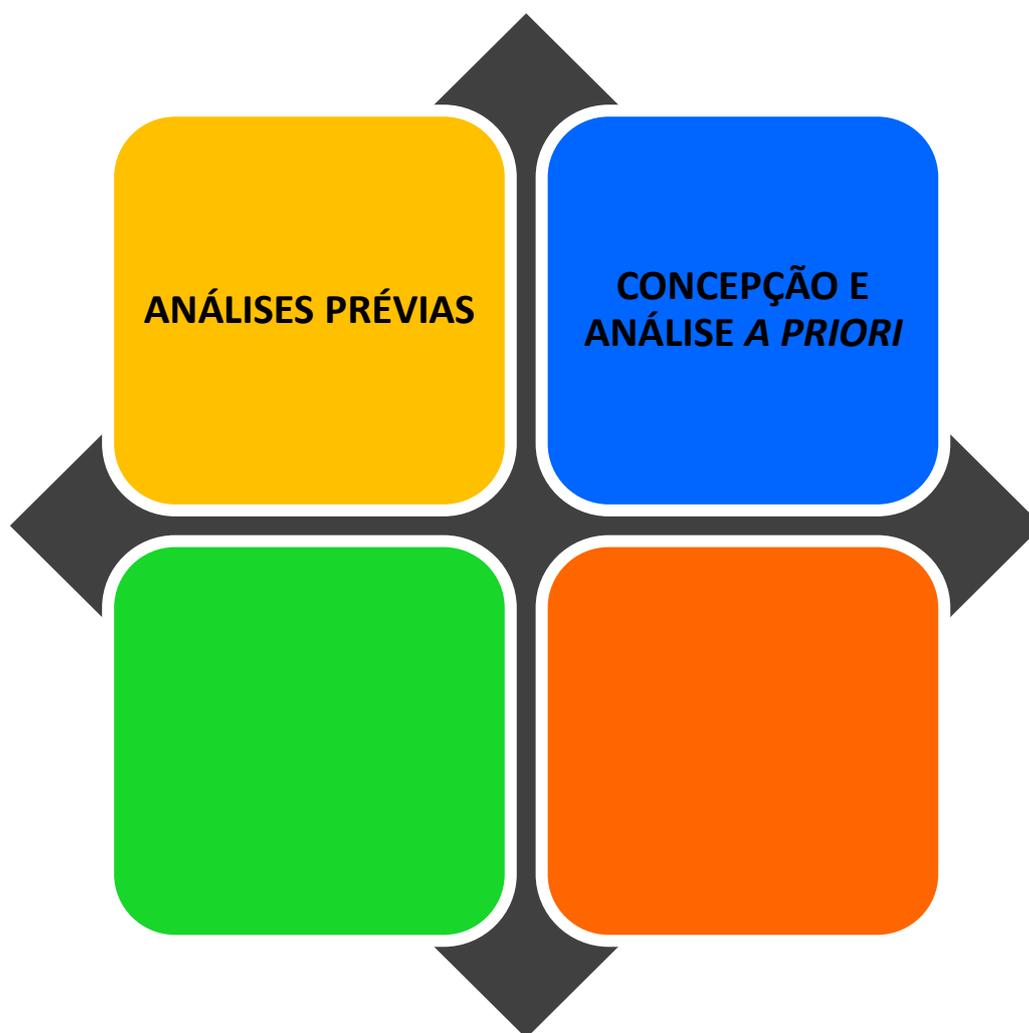
A análise histórica é fundamental para compreender o reconhecimento da Química como ciência. Além disso, também permite entender como ocorreu o estabelecimento dos campos ou áreas de competência dentro dessa ciência. Um

exemplo disso é a transição da QO para a QI, que marcou uma importante organização dos compostos orgânicos e trouxe novas nuances em relação aos compostos inorgânicos.

Ao analisar a História da Química, percebeu-se como os conhecimentos e técnicas foram se desenvolvendo ao longo do tempo e como esse conhecimento acumulado permitiu avançar cada vez mais na compreensão da natureza e suas transformações. Além disso, entendendo o contexto histórico, é possível identificar as contribuições de diferentes cientistas e suas descobertas, criando uma base sólida para o desenvolvimento futuro da Química.

Investigar como tudo isso foi estruturado permitiu refletir sobre a forma de apresentar esses conhecimentos aos estudantes, de modo a despertar o interesse deles. Nesse sentido, as teorias da DM e da atenção seletiva podem fornecer suporte para essa questão. Esta pesquisa, que tem a EDC e a TSD, estão sendo utilizadas para apoiar nessas investigações nesse campo das Ciências Naturais, em atenção à Química. Além disso, a TIC e os estudos na NC, com foco na aprendizagem, também podem contribuir para essa discussão.

O pesquisador se aventurou em reunir todos os conhecimentos adquiridos para elaborar uma SD voltada para a aprendizagem do conteúdo de FOO. Essa abordagem inovadora pode trazer resultados significativos não só para esse tema, mas também para outros, ao ampliar os olhares sobre as teorias de ensino e aprendizagem. Além disso, ele busca integrar teorias neurocognitivas da aprendizagem, promovendo uma análise mais abrangente e irrestrita sobre como podemos aprimorar os processos de aprendizagem. Com essa proposta, espera-se obter um ensino mais eficaz e estimulante, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais aprofundada e duradoura desse conteúdo e de outros temas relacionados.



#### 4. CONCEPÇÃO E ANÁLISE A *PRIORI*

##### Considerações Iniciais

Como mencionado no início da seção anterior, esta investigação foi norteadada pelos princípios da metodologia de pesquisa da EDC organizados pela pesquisadora Artigue (1988). Optou-se por essa pelo fato de ela se caracterizar por um esquema experimental que se baseia em “realizações didáticas” de sala de aula que demanda construção, realização, observação e análise de sequências ou sessões de ensino validada internamente por um esquema comparativo de análise a *priori* e análise *posteriori*.

Essa engenharia é compatível com o objetivo geral desta investigação pelo fato de ela se apoiar em conhecimentos científicos, destinada ao estudo do processo de aprendizagem de um conteúdo e, em particular, o desenvolvimento de gêneses artificiais para um determinado conceito. Sendo assim, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar uma SD considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva durante o processo de aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO) indicadas para estudantes do 3º ano do EM de uma escola pública da cidade de Aporá.

A segunda seção deste trabalho, denominada de concepção e análise a *priori*, em consonância com a segunda fase da EDC, tem a finalidade de responder às questões de pesquisa e validar a hipótese pontuada inicialmente neste texto, a partir das análises prévias realizadas, destinou-se à construção de uma SD conduzida sob variáveis de controle adotadas para solução do problema da dificuldade de aprendizagem das FOO.

Para trato das variáveis macrodidáticas ou globais (referem-se à organização geral da pesquisa) e as variáveis microdidáticas ou locais (referem-se à organização de uma fase ou de uma sessão da pesquisa). A análise a *priori* é fundamental para descrever as escolhas das variáveis que permitem prever o controle do comportamento, as dificuldades dos estudantes, propor hipóteses e possíveis resultados para com as atividades.

Nesse sentido, foi necessário conhecer o campo de investigação no qual este estudo ocorreu e os recursos didáticos genéricos disponíveis, assim como organizar outros que atendessem à demanda para alcançar os objetivos.

Conforme Artigue (1988), uma SD pode ser definida como um conjunto de aulas previamente planejadas e analisadas com a intenção de perceber situações de aprendizagem, tendo em consideração o envolvimento de conceitos previstos na pesquisa didática.

#### **4.1 Descrição do campo de investigação**

Em se tratando de conteúdo escolar, esta pesquisa dedica-se à aprendizagem das noções de FOO, conteúdo da química que geralmente é estudado no 3º ano do EM, tanto na rede pública como na rede particular de ensino. Sendo assim, optou-se por realizar a fase prática dessa investigação em um colégio público de competência do Estado da Bahia, devido a alguns fatores.

Dentre esses, destaca-se a facilidade de acesso aos estudantes do Colégio Estadual de Tempo Integral de Itamira (CETII), que está situado no interior da Bahia, em Itamira, distrito do município de Aporá, comunidade em que o pesquisador reside e colégio no qual esse é professor de química.

A escolha se justifica pelo histórico escolar com a instituição na qual o então pesquisador cursou toda a Educação Básica. Na oportunidade, foi apresentada a disponibilidade para contribuir em atenuar as dificuldades de aprendizagem e levar para professores e professoras possibilidades teóricas e metodologia de ensino, contribuindo, assim, para com a educação pública.

O pesquisador, atendendo às normativas do comitê de ética, órgão pelo qual o projeto de pesquisa foi aprovado, como mostra o Anexo A, solicitou autorização (Apêndice A) da equipe diretiva do referido colégio para realização da pesquisa, que consistiu na aplicação dos instrumentos de coleta de dados. Prontamente foi concebida a autorização mediante conhecimento dos objetivos e dos procedimentos. Os estudantes foram convidados a participar de forma voluntária, além disso, também foram solicitadas autorizações dos responsáveis pelos menores de 18 anos por meio das assinaturas dos termos TCLE (Apêndice B) e TALE (Apêndice C), para que esses pudessem participar. Na mesma oportunidade, foram esclarecidos os objetivos e os procedimentos da investigação para seus responsáveis.

Em se tratando de infraestrutura, o equipamento foi construído e inaugurado recentemente. Possui as seguintes dependências: no prédio principal, em nível térreo, fica uma secretária escolar ampla e conjugada com a mecanografia, uma sala de área

técnica, uma sala de diretoria, uma sala de coordenação pedagógica, uma sala de coordenação de estágio, uma sala de professores com multimídia, copa e sanitários para pessoas com deficiência PCD, um laboratório de informática, um laboratório de ciências I (Química e Biologia), um laboratório de ciências II (Física e Matemática) – é importante considerar que todos os laboratórios são equipados – uma sala multifuncional, um depósito de material multimídia, um laboratório de línguas, uma sala de danças e vivências corporais, dois pátios cobertos, uma biblioteca com acesso ao primeiro andar onde ficam computadores, mesas e cadeiras para pesquisa e leitura.

Para acessar esse nível, existe uma rampa e duas escadas, doze salas de aula climatizadas com ar-condicionado e boa iluminação, três sanitários masculinos, três sanitários femininos, dois sanitários (masculino e feminino) para PCD; em prédio à parte, encontra-se um auditório com cento e setenta e dois assentos, camarins, banheiros e sala técnica, três sanitários masculinos, três sanitários femininos, dois sanitários (masculino e feminino) para PCD.

Em prédio próprio está uma cozinha de grande porte com uma recepção, um depósito semanal e outro diário para armazenar alimentos, um vestuário de funcionário masculino, um vestuário de funcionário feminino, uma sala de nutricionista, um departamento de material de limpeza (DML), um depósito de lixo, dois pátios cobertos, um depósito de freezers. Agregado ao centro da cozinha, há espaços próprios para preparo final e distribuição da merenda, um para lavagem de bandejas e pratos, outro para lavagem de panelas, um refeitório com capacidade para duzentas pessoas.

Próximo a esse prédio, existe uma quadra poliesportiva coberta; uma piscina semiolímpica com portaria, vestuários, banheiros e portaria; ao entorno dos equipamentos, encontra-se uma estação de tratamento de água, um depósito de gás e depósito de lixo, na entrada fica a guarita com um sanitário e uma sala técnica.

De acordo com a Secretaria da Educação do Estado da Bahia, o colégio é classificado como de grande porte, oferta para a comunidade local a etapa final da Educação Básica, o EM, na modalidade Regular nos turnos vespertino e noturno, o Ensino em Tempo Integral nos turnos matutino e vespertino, e a Educação de Jovens e Adultos (EJA) no turno noturno.

O público-alvo dessa investigação são duas turmas do 3º ano EM regular, trinta e seis estudantes do 3º ano A e trinta e sete estudantes do 3º ano B, ambas as turmas

funcionam no turno vespertino. Esses foram escolhidos porque na época de realização desta pesquisa, o conteúdo em questão estava sendo estudado por essas. A maioria dos estudantes tem entre dezessete e dezoito anos de idade, assim, de acordo com a lei nº. 8069/1990, do Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), são considerados adolescentes, pois, aquele ou aquela que tem entre doze e dezoito anos de idade. Os demais estudantes têm entre dezenove e vinte e três anos de idade.

Conforme Piaget, o desenvolvimento cognitivo humano é dividido em quatro estágios. O último é compreendido como operações formais, começa na adolescência, por volta dos doze anos, e se estende até a vida adulta. Essa faixa etária engloba os participantes da pesquisa em questão. Nesse estágio, as pessoas desenvolvem a capacidade de elaborar hipóteses de forma concreta e verbal, além de realizar construções e articulações mentais de operações formais. (Moreira, 1999).

A respeito dos estágios de desenvolvimento cognitivo, é necessário compreender que a transição entre eles não é fixa para todos os indivíduos, uma vez que alguns podem atingir o estágio das operações formais em diferentes momentos e outros podem nunca o alcançar plenamente. Além disso, o desenvolvimento cognitivo não é um processo linear, mas sim composto de avanços e retrocessos, podendo apresentar variações em diferentes áreas. Isso ocorre devido a fatores individuais, ambientais e culturais, que influenciam de forma complexa esse processo.

Segundo Michael Gazzaniga (2006), renomado neurocientista, a adolescência é caracterizada por mudanças significativas no desenvolvimento cerebral. Estudos mostram que, durante essa fase, o cérebro passa por uma reorganização estrutural e funcional, com o amadurecimento de regiões como o córtex pré-frontal - responsável pelas funções executivas, como a tomada de decisão e controle de impulsos. Essa reorganização é crucial para o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos adolescentes, pois permite o desenvolvimento da capacidade de pensamento abstrato e a aquisição de novas competências sociais e emocionais.

Eric Kandel *et al.* (2014) ressalta que a configuração cerebral única dos adolescentes também está ligada a alguns comportamentos específicos dessa fase. Durante a adolescência, o cérebro é mais suscetível a estímulos emocionais, o que pode explicar o risco aumentado de transtornos mentais nessa fase, como depressão e ansiedade. Além disso, o processo de amadurecimento neural também pode levar a algumas características típicas dos adolescentes, como a busca por sensações

novas e intensas, a maior influência do grupo social e a tendência a tomar decisões mais impulsivas.

Em suma, tanto Gazzaniga (2006) quanto Kandel *et al.* (2014) destacam que a Neurociência e a NC têm contribuído para uma compreensão mais aprofundada das características e comportamentos dos adolescentes. Esses estudos revelam que as mudanças cerebrais típicas dessa fase são fundamentais para o desenvolvimento das habilidades cognitivas e sociais, mas também podem apresentar desafios em termos de saúde mental e escolhas impulsivas. Compreender essas características à luz da Neurociência pode auxiliar educadores na adoção de estratégias mais eficazes para promover a aprendizagem duradoura e saudável.

#### **4.2 Análise *a priori* do Teste 1 (TE1)**

Como estratégia de levantamento de informações referente aos conhecimentos prévios dos estudantes relativos ao conteúdo de FOO e para compreender como o ensino atual de química vem sendo desenvolvido nas duas turmas onde a pesquisa foi realizada, primeiramente optou-se por aplicar o questionário nomeado de Teste 1 (TE1), conforme consta no Apêndice D, para posteriormente embasar as situações didáticas elencadas para constituir a SD, pautada nos princípios das fases da TSD e da EDC.

As cinco primeiras questões foram organizadas com o propósito de verificar quais conhecimentos estão disponíveis nos estudantes e as dificuldades de aprendizagem. Assim, consideram-se três níveis de conhecimento, estando estes fundamentados nos Níveis de Funcionamento do Conhecimento (NFC) instituídos por Aline Robert (1998), que apresenta um conjunto de ferramentas de análise epistemológica e didática dos conhecimentos matemáticos de ensino no EM e no Ensino Superior (Fonseca, 2015). Para esta investigação, decidiu-se classificar as questões e avaliar o conhecimento sobre Função Orgânica de hidrocarboneto, oxigenada e nitrogenada, entre os estudantes.

Robert (1998) categoriza o funcionamento dos conhecimentos em três níveis, a saber: Nível Técnico (NT), Nível Mobilizável (NM) e Nível Disponível (ND), como forma de identificar e demonstrar um marco significativo em relação aos conhecimentos anteriores. Esses níveis podem ser utilizados para análise de questões, assim fizeram Fonseca e Barros (2016), ao analisarem questões sobre as

funções trigonométricas, articulando-as com teorias da Didática da Matemática, como a TAD, e com as perspectivas teóricas dos princípios da NC.

No que se refere à hierarquia dos níveis, o primeiro deles é o NT, que diz respeito à execução isolada de teoremas, propriedades, definições e fórmulas na resolução de situações de forma direta, sem grande elaboração e de maneira objetiva. Neste trabalho, considera-se o NT para classificação das questões, conforme descrito no Quadro 8. Nesse nível, as questões envolvem conceitos introdutórios da QO, tais como propriedades dos elementos químicos, ligações químicas, estruturas moleculares simples, FO, bem como as propriedades físicas e químicas dessas substâncias.

Quadro 8 - Classificação das questões em níveis de conhecimento

Níveis de tarefas	Conhecimentos previstos	Tarefas por nível
<b>Nível Técnico</b>	Conhecimento das propriedades do C: tetravalência, ligações covalentes, capacidade de formar cadeias carbônicas, propriedades físico-químicas, distribuição eletrônica do C e diversidade de formar novos compostos orgânicos.	Questões 1 e 2
<b>Nível Mobilizável</b>	Conhecimento das características estruturais, propriedades e representações de fórmulas de moléculas orgânicas dos grupos funcionais das funções oxigenadas e nitrogenadas.	Questões 3 e 4
<b>Nível Disponível</b>	Conhecimento das características e propriedades físico-químicas das FOO. Capacidade de interpretar e analisar as propriedades e características de moléculas orgânicas oxigenadas presente em produtos.	Questão 5

Fonte: O autor (2024), adaptado de Menezes (2022).

O segundo é o NM, mais amplo que o NT. Consiste no emprego de propriedades e teoremas com adaptações e possivelmente mudança de ponto de vista para a resolução de situações. Nesse nível, os estudantes devem articular conceitos e aplicar o conhecimento técnico de forma flexível em diferentes contextos relacionados. No caso, as questões podem exigir conhecimento mais avançado dos diversos grupos funcionais, reações orgânicas, mecanismos de reação e técnicas de caracterização de compostos orgânicos.

O terceiro é o ND, no qual o estudante deve ser capaz de responder à Questão sem que seja dada qualquer indicação de comando. O conhecimento necessário será descoberto por si mesmo. Nesse sentido, está em jogo a capacidade de utilizar

conhecimentos adquiridos na área e em outras de forma criativa e reflexiva, relacionando informações de diferentes fontes para propor soluções inovadoras. Nesse nível, as questões podem ser mais desafiadoras e complexas, envolvendo a aplicação de conhecimentos prévios em situações mais complexas.

No entanto, vale salientar que os estudantes possuem conhecimentos prévios sobre outras funções, como os hidrocarbonetos, os quais são fundamentais para o estudo das funções oxigenadas, nitrogenadas e halogenadas. Sendo assim, buscase, por meio da classificação das questões em três níveis de conhecimento, analisar os conhecimentos prévios e as dificuldades dos estudantes.

Diante dessa organização das questões, ao classificá-las em níveis de conhecimento, buscou-se considerar a classificação de Robert (1998) e os princípios da EDC para a análise dessas questões. No entanto, é importante ressaltar que as demais questões (de 6 a 10) não precisaram ser classificadas ou analisadas, pois se referem a informações sobre a dinâmica do Ensino de Química nas turmas, sendo a avaliação realizada após a aplicação do TE1.

Para a Questão 1 é relevante a mobilização de conhecimentos relacionados aos compostos de C, e às ligações químicas. A QO concentra-se no estudo dos compostos que apresentam C em sua estrutura. Portanto, é essencial compreender que os compostos orgânicos são compostos que contêm o elemento C em sua composição.

Esse elemento químico possui quatro elétrons na camada de valência, o que permite a formação de quatro ligações covalentes. Essa capacidade de formar múltiplas ligações é essencial para a diversidade de estruturas e propriedades dos compostos orgânicos. Ao compreender a distribuição eletrônica do C, pode-se entender como ocorre a formação das ligações químicas e como os átomos de C se ligam entre si e com outros elementos, assim como a relação com a estabilidade das moléculas orgânicas. Isso permite prever as reações químicas que envolvem compostos orgânicos e, conseqüentemente, entender seus mecanismos e propriedades. Além disso, é necessário entender o conceito de ligação covalente, que ocorre quando dois átomos compartilham elétrons para estabelecer uma ligação química.

A formação de ligações químicas covalentes estáveis é fundamental para a composição dos compostos orgânicos. É importante reconhecer que o C possui uma capacidade única de formar ligações químicas covalentes estáveis com outros átomos

de C. Isso possibilita a formação de cadeias complexas e estruturas tridimensionais, fornecendo a base para a diversidade dos compostos orgânicos.

As ligações covalentes do C são cruciais para a sua capacidade de formar diferentes tipos de compostos orgânicos, tais como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos, entre outros. A capacidade de formar ligações covalentes estáveis com outros átomos de C é conhecida como catenação, propriedade exclusiva do C entre os elementos químicos.

Essas ligações determinam as propriedades e as características dos compostos orgânicos, permitindo, assim, sua utilização em uma ampla gama de aplicações na indústria, na medicina e na agricultura. Portanto, compreender os compostos de C, as ligações químicas covalentes e a importância dessas ligações para a diversidade dos compostos orgânicos é essencial para a realização dessa questão.

No caso da Questão 2 é preciso a mobilização de conhecimentos prévios, especificamente da história e da epistemologia do conhecimento de QO. Desde os primeiros estudos da QO, percebeu-se que havia uma grande diversidade de compostos com características e propriedades únicas. Essa diversidade foi atribuída à presença de diferentes grupos funcionais nas moléculas orgânicas, que são átomos ou grupos de átomos que conferem propriedades químicas específicas que dita a função orgânica de uma substância.

As ações humanas resultam na produção de diversas substâncias orgânicas, que possuem semelhanças com compostos encontrados na QO. Nesse sentido, é importante que os estudantes compreendam que essa diversidade de materiais pode ser organizada levando em consideração suas propriedades aproximadas.

No entanto, é válido ressaltar que os compostos orgânicos, mesmo possuindo estruturas específicas, podem ou não apresentar semelhanças entre si. Isso significa que nem todos os compostos orgânicos terão as mesmas propriedades, o que nos mostra a complexidade dessa área da Química. É necessário levar em conta que existem diferentes grupos funcionais, cadeias carbônicas e ramificações, o que contribui para a diversidade de propriedades observadas nos compostos orgânicos.

A compreensão dessas diferenças e semelhanças entre os compostos orgânicos é fundamental para o desenvolvimento de estudos e aplicações no campo da QO. A partir do conhecimento das propriedades dos compostos, é possível realizar

modificações e criar substâncias novas para diversas finalidades, como medicamentos, plásticos, solventes, entre outros.

Portanto, para compreender o conceito de FO, é necessário entender que as moléculas orgânicas são caracterizadas por grupos funcionais específicos que conferem propriedades químicas semelhantes às substâncias que os possuem.

Para a Questão 3 é necessária a mobilização de conhecimentos prévios de QO relacionados às FO. A noradrenalina é um composto químico classificado como uma catecolamina. Essa classe de compostos é composta por uma amina (grupo funcional  $-NH_2$ ) ligada a um anel aromático, que possui uma hidroxila ( $-OH$ ) ligado a ele. Portanto, é importante identificar a presença das FO amina e hidroxila na molécula da noradrenalina.

Além disso, a molécula possui uma união entre dois anéis aromáticos, o que caracteriza a presença de uma ligação benzênica, indicando a presença de benzenos nas estruturas da molécula.

Outra função orgânica presente na noradrenalina é a amina primária, que é evidenciada pelo fato de que o grupo  $NH_2$  é ligado diretamente a um C. Essa característica também é fundamental para a estabilidade e atividade do neurotransmissor no SN.

Alguns compostos relacionados à noradrenalina também podem apresentar uma função cetona, como, por exemplo, a sua derivada 3,4-dihidroxifenilglicina.

Portanto, ao analisar a molécula da noradrenalina, é necessário mobilizar conhecimentos prévios de QO para identificar as seguintes FO: amina, hidroxila, ligação benzênica e amina primária. Essas informações serão essenciais para compreender a estrutura e as propriedades da noradrenalina, bem como sua atuação como neurotransmissor no SN e sua relação com processos cognitivos no organismo.

A Questão 4 envolve a identificação das três funções oxigenadas presentes na estrutura da vanilina. Para resolver essa Questão, é necessário ter conhecimentos prévios de QO, em especial sobre as funções oxigenadas, além disso, é preciso estar familiarizado com as características estruturais, representação de fórmulas estruturais de moléculas orgânicas. Também é importante saber identificar e diferenciar as diferentes funções oxigenadas, como álcoois, cetonas, aldeídos, ácidos carboxílicos, éteres, entre outras.

Uma das funções oxigenadas presentes na estrutura da vanilina é o aldeído. Os aldeídos possuem o grupo funcional  $R-C=O$ , no qual um átomo de O está ligado por uma ligação dupla a um C e por uma ligação simples a um H ou a um grupo alquil.

Outra função oxigenada presente na vanilina é o éter. Os éteres são caracterizados pela presença de um O ligado a dois grupos alquila ou arila. Na estrutura da vanilina, observamos a presença de um grupo éter, representado pela ligação O-C.

A terceira função oxigenada na estrutura da vanilina é o fenol. Fenóis são compostos que apresentam um grupo hidroxila (OH) diretamente ligado a um anel aromático. Na vanilina, observamos a presença desse grupo hidroxila, ligado ao anel de benzeno. Portanto, os conhecimentos prévios necessários para responder a essa Questão são: QO, FOO e representação de fórmulas estruturais.

Para responder à Questão 5, é necessário que o estudante tenha conhecimentos prévios sobre as características e propriedades das FOO. Isso inclui as propriedades físico-químicas e a nomenclatura. Essa compreensão é essencial para entender como essas estão presentes na rotina do dia a dia e como suas propriedades influenciam nas aplicações dos produtos. Por isso que não é suficiente o estudo dessas funções de maneira isolada de um contexto.

Para que o estudante compreenda o que é uma função FOO, é importante que ele associe as funções em estudo por meio de sua representação estrutural ou molecular aos produtos ou imagens. Por exemplo, o etanol (álcool etílico) é uma substância bastante conhecida e utilizada como combustível em automóveis ou como solvente em produtos de limpeza, eles apresentam a função álcool.

Outro exemplo é o ácido acético, que apresenta a função ácido carboxílico presente no vinagre utilizado para temperar alimentos, além de estar presente em produtos de limpeza. A acetona é um produto removedor de esmalte que apresenta a função cetona, essa também é empregada como solvente e aditivos de produtos de limpeza. Portanto, o conhecimento dessas FO torna fundamental para compreender e utilizar essas e outras substâncias de uso diário de maneira adequada e segura.

### **4.3 Recursos Didáticos**

Recursos didáticos são ferramentas, materiais e estratégias utilizados para facilitar o processo de ensino e aprendizagem, promovendo a compreensão e o desenvolvimento de habilidades pelos alunos.

A introdução de recursos didáticos, como estratégia pedagógica diferenciada, para a aprendizagem de FOO, pode trazer resultados significativos na compreensão e no domínio desse conteúdo por parte dos estudantes. Diversos estudos têm

demonstrado a eficácia e os benefícios da utilização de recursos didáticos na promoção de uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

Segundo Souza (2018), a introdução de experimentos práticos, jogos educativos e simulações computacionais pode facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos nas FOO, promovendo um aprendizado ativo e participativo por parte dos estudantes. Além disso, a utilização de recursos visuais e físicos, como, por exemplo os modelos moleculares e os aplicativos de celulares, pode auxiliar na visualização e na compreensão das estruturas moleculares das substâncias orgânicas oxigenadas, conforme aponta Costa (2019).

Essas representações visuais permitem uma maior contextualização e aplicação dos conhecimentos teóricos, contribuindo para a construção de uma base sólida de compreensão e aplicação dos conceitos. No entanto, é importante destacar que a implementação dos recursos didáticos genéricos apresenta desafios a serem superados.

Fonseca (2011), em uma investigação que teve como objetivo analisar de que forma o uso do computador, como ferramenta pedagógica, pode ajudar os estudantes a superarem suas dificuldades de aprendizagem das funções trigonométricas, desenvolveu, aplicou e avaliou uma SD amparada nos princípios da TSD. Nessa SD, o pesquisador utilizou simuladores com o propósito de promover a observação das variações das ondas sonoras por meio de representações gráficas das funções trigonométricas. É preciso mencionar que tanto para elaborar, como para pôr em prática a SD, o pesquisador precisou aprender a manusear os recursos *hardware* e *software* (simuladores).

Segundo Santos e Araújo (2021), a falta de capacitação dos professores em relação ao uso adequado dessas ferramentas e a indisponibilidade de recursos tecnológicos nas escolas podem limitar a efetividade desses recursos na prática educativa.

Além disso, a adequação dos recursos didáticos genéricos às diversas formas de aprendizagem é um fator crucial a ser considerado. É necessário levar em conta as diferentes inteligências e estilos de aprendizagem dos estudantes, para que os recursos didáticos genéricos sejam utilizados de forma a contemplar a diversidade de necessidades e potencialidades dos estudantes. Por essas razões, optou-se por mais de um recurso didático para compor a SD.

A partir dessas considerações, a introdução dos recursos didáticos genéricos no ensino das FOO pode trazer resultados significativos para a aprendizagem dos estudantes. No entanto, é fundamental garantir que os recursos utilizados sejam adequados às diferentes formas de aprendizagem dos estudantes, favorecendo a inclusão e a aprendizagem significativa de todos.

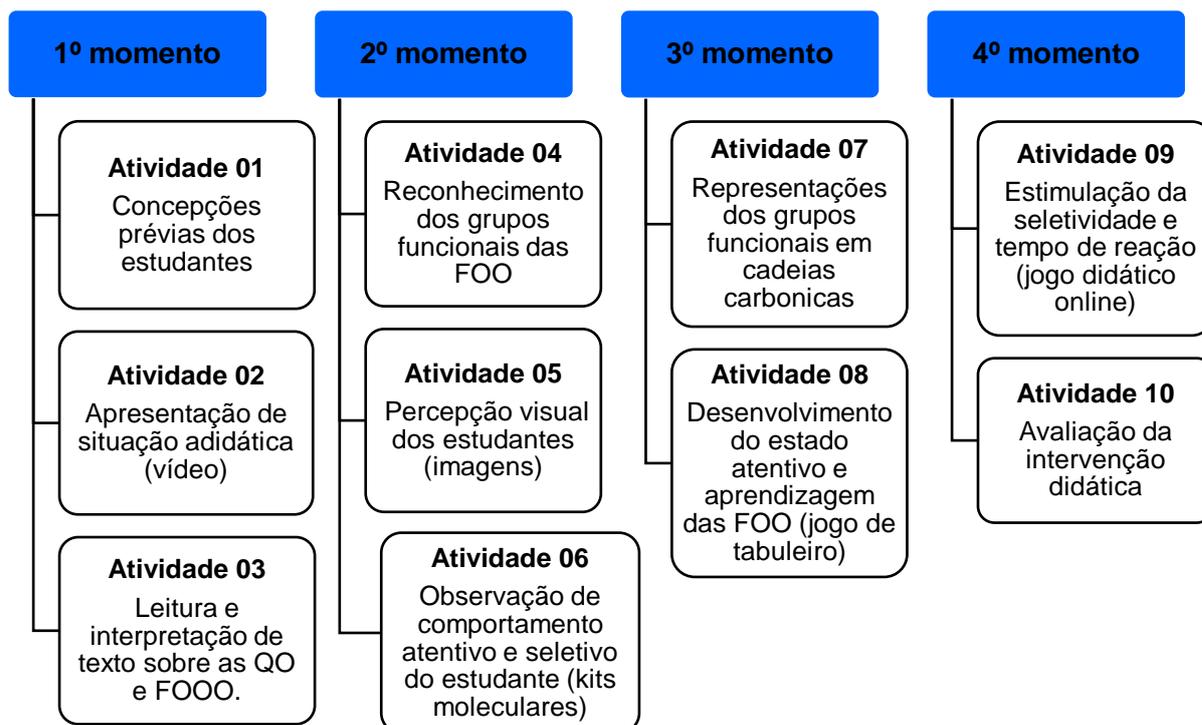
Para dar movimento à SD, foram observados os espaços no prédio e os recursos didáticos tecnológicos disponíveis que possam contribuir para o desenvolvimento da atenção e aprendizagem do conteúdo. Deve-se utilizar os seguintes ambientes: sala de aula, sala de multimídia e laboratório de informática. Recursos tecnológicos, como projetor, computador e *software* estão previstos para serem utilizados, com devido agendamento. Além desses, kit molecular, um recurso didático que foi adquirido pelo pesquisador, e jogo de tabuleiro confeccionado por este para serem utilizados, um jogo on-line foi desenvolvido na plataforma *Wordwall*.

#### **4.4 Concepção da Sequência Didática**

A SD está ancorada nos constructos teóricos dos princípios da ED, segundo Artigue (1988), e nas fases da TSD hierarquizadas por Brousseau (1986), das quais Almouloud (2007) é adepto e é considerado nessa construção.

A partir dos princípios, estruturou-se a SD composta por dez atividades, as quais estão distribuídas em quatro momentos com situações didáticas e uma situação adidática, como apresenta a Figura 19, com a finalidade de prever comportamentos a partir da estruturação de meios. Para isso, estabeleceram-se: os objetivos pretendidos; as competências e habilidades, conforme a BNCC, que se pretende desenvolver; os marcadores considerados; selecionaram-se as variáveis microdidáticas e macrodidáticas; levantaram-se hipóteses para cada atividade, assim como possíveis comportamentos.

Figura 19 - Desenho da Sequência Didática



Fonte: O autor (2024).

Nesse sentido, para verificação dos resultados esperados, é fundamental o registro de forma sistemática tanto do estudante como do pesquisador, a fim de possibilitar uma constatação das hipóteses e confronto dos resultados das análises *a priori* e *a posteriori*, preconizadas por Michèle Atrigue. Ao documentar os objetivos e metas estabelecidos, é possível acompanhar o desenvolvimento dos estudantes ao longo do desenvolvimento das atividades em cada momento.

Faz-se necessário antecipar possíveis dificuldades que possam surgir durante os momentos didáticos, de modo a estar preparado para agir prontamente, caso ocorra algum desequilíbrio no processo de ensino e aprendizagem. Essa previsão de obstáculos permite uma intervenção mais efetiva, com a adoção de medidas corretivas e a busca de soluções adequadas para garantir o máximo aproveitamento e progresso dos estudantes.

Diante disso, almeja-se, por meio da SD, promover a aprendizagem das FOO por meio da vivência de momentos de atividades (situações didáticas) utilizando recursos didáticos genéricos, com o objetivo de estimular a atenção seletiva dos estudantes, assim como desenvolver sua capacidade de reconhecer a presença

dessas funções e compreender sua importância na produção de uma variedade de produtos naturais e industriais.

#### **4.4.1 Análise *a priori* do primeiro momento (sessão I)**

Esse primeiro momento (encontro), previsto para acontecer no dia 06 de outubro de 2023, e para os demais, destinou-se o tempo de 2 horas/aula, assim, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

a) Avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes relativos ao conteúdo de FOO; b) Entender como se dá o ensino atual de química, assim como saber sobre o uso de recursos didáticos genéricos; c) Proporcionar o ensino e a aprendizagem das FOO a partir de uma situação adidática; d) Criar oportunidades para que os estudantes reconheçam o contexto histórico que marca a QO e das FOO.

Para atingir esses objetivos, foram elaborados questionários e atividades para identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo em questão. Essas informações devem auxiliar na compreensão do nível de conhecimento antes de iniciar a abordagem, na construção da SD e readequação dos instrumentos e dos recursos didáticos genéricos para despertar a atenção seletiva do estudante, tendo em vista a aprendizagem.

Será abordado o contexto histórico de surgimento da QO, com o intuito de contextualizar o surgimento e a evolução das FOO ao longo do tempo. A compreensão desse contexto histórico auxilia os estudantes a entenderem a importância e aplicabilidade dessas FOO.

Esse conjunto de atividades previsto para esse momento está estruturado no Quadro 9, na SD.

Quadro 9 - Estrutura do primeiro momento da SD

Atividade	Objetivo	Competência e Habilidade	Marcador	Variável macrodidática	Variável microdidática (recursos e metodologia)	Hipótese	Possíveis comportamentos/Soluções
01	Avaliar os CONHECIMENTOS PRÉVIOS dos estudantes em relação ao conteúdo de FOO e compreender como o Ensino de Química está sendo abordado atualmente, além de saber sobre o uso de recursos didáticos.	-	CONS1 OBD1	As análises da estrutura didática e ensino habitual	O TE1 contém 10 questões, sendo 05 relativas ao conteúdo em tela (03 objetivas e 02 subjetivas) e 05 subjetivas a respeito do ensino atual de QO (Apêndice D).	Tendo em vista os níveis de dificuldades das questões, espera-se um melhor desempenho nas 1, 2, 3 e 4. Com relação às questões de 6 a 10, é esperado que sejam respondidas pelos estudantes.	Pode acontecer de os estudantes não compreenderem o que está sendo pedido nas questões e ficarem em dúvida sobre o que responder. Nesse caso, o professor/pesquisador deverá esclarecer as dúvidas, mas sem influenciá-los.
02	Proporcionar a aprendizagem das FOO a partir de uma SITUAÇÃO ADIDÁTICA	Competência 1 (EM13CNT104) e Competência 3 (EM13CNT104)	OBD3 OBD4 OBD6 CONS1 CONS2 PN1 PN5	Mudança de ambiente de aprendizagem e metodologia de ensino; Participação oral em grupo de discussão; Recurso didático: vídeo e equipamentos de projeção.	Os estudantes serão convidados a assistir a um vídeo <sup>23</sup> de 15h35 em que apresenta alguns recortes de situações de uso e consumo de produtos que acarretam algum prejuízo à saúde, tais como o uso do formol no alisamento de cabelos e os perigos de dirigir sob efeito de drogas. Em seguida, formarão grupos de 5 estudantes para analisar e discutir as sete situações adidáticas. Após isso, individualmente, responder o Protocolo 1 (Apêndice E).	É provável que os estudantes não se atentem a todos os detalhes e informações apresentadas a respeito de cada situação, mas espera-se que relacione os produtos citados às FOO, mesmo não sendo expressamente declarada a presença das funções.	É possível que alguns estudantes não prestem atenção ao vídeo, se distraiam com o celular ou conversando paralelamente com o colega, de modo a não compreenda a mensagem geral do vídeo, e se concentre em uma ou outra situação de seu interesse, não se atentando às demais.
03	Aprender sobre o contexto histórico de surgimento da QO e CONHECER as principais FOO.	Competência 2 (EM13CNT201)	OBE3 OBE6 OBD1 OBD2 CONS6	Leitura e interpretação individual de texto (Apêndice F); Material impresso.	Identificação dos períodos e das descobertas históricas sobre o conteúdo. Conhecer as FOO e suas propriedades, bem como outras informações úteis para o desenvolvimento da Atividade 04.	A partir da leitura do texto, espera-se que os estudantes compreendam as propriedades que caracterizam os compostos orgânicos e a importância desses, principalmente dos compostos oxigenados, no desenvolvimento de produtos desde a Pré-História até os dias atuais.	Os estudantes podem demonstrar dificuldades na compreensão de todas as informações presentes no texto. Nesse sentido, antes de iniciar a leitura, indica-se fazer destaques como forma de facilitar a identificação das principais ideias e pontos relevantes.

Fonte: O autor (2024).

<sup>23</sup> Acesse o vídeo através do link: <https://drive.google.com/file/d/1g3Kdevl1bHTDnWJ6vo1Phm8tmA92aKlx/view?usp=sharing>.

#### 4.4.2 Análise *a priori* do segundo momento (sessão II)

Para esse segundo momento, previsto para acontecer no dia 13 de outubro de 2023, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

a) Avaliar o desempenho dos estudantes em atividade sobre o conhecimento das principais FO; b) Estimular a percepção visual dos estudantes a partir de imagens de produtos relacionados com as FOO presentes nas fórmulas estruturais; c) Construir imagens das moléculas dos compostos orgânicos trabalhados no TE2, de modo a explicar a disposição das FOO presentes, a partir de modelos moleculares.

Para alcançar esse primordial objetivo, foi realizada uma atividade de reconhecimento dos grupos funcionais das principais FOO, visando avaliar o desempenho dos estudantes nessa habilidade específica. Essa atividade permite verificar se os estudantes adquiriram o conhecimento necessário sobre os grupos funcionais e sua aplicação nas FOO.

Para atingir esse segundo objetivo, os estudantes devem ser estimulados a identificar as funções oxigenadas presentes nas fórmulas estruturais desses compostos, por meio da análise de imagens de produtos do dia a dia, como medicamentos, cosméticos e alimentos. Essa atividade permitirá que os estudantes ampliem sua percepção visual, tornando-se capazes de reconhecer as diferentes funções oxidativas em produtos do cotidiano.

No caso do terceiro objetivo, pretende-se, por meio da construção de modelos moleculares com uso de kit molecular como um recurso didático, auxiliar os estudantes a visualizarem tridimensionalmente a estrutura dos compostos e a posição das funções oxigenadas. Essa atividade proporcionou uma compreensão mais completa da disposição das funções em relação ao restante da molécula, permitindo uma melhor compreensão do grupo de átomos que constituem as funções e propriedades das substâncias orgânicas.

Ao oferecer aos estudantes diferentes estruturas para construção, eles foram incentivados a selecionar e posicionar corretamente as funções oxigenadas nos compostos. Com essa observação, foi possível identificar se os estudantes estão compreendendo adequadamente a disposição das funções nas moléculas e se estão realizando a construção de forma precisa e coerente com as fórmulas estruturais apresentadas. Esse conjunto de atividades prevista para esse momento está estruturada no Quadro 10, na sequência.

Quadro 10 - Estrutura do segundo momento da SD

Atividade	Objetivo	Competência e Habilidade	Marcador	Variável macrodidática	Variável microdidática (recursos e metodologia)	Hipótese	Possíveis comportamentos/Soluções
04	Avaliar o desempenho dos estudantes em atividade de RECONHECIMENTO das principais FOO.	Competência 3 (EM13CNT307)	OBE4 OBD3 OBD4 CONS4 PN5	Tempo de realização da atividade; Material impresso;	O TE2 (Apêndice G) contendo 10 questões que deverão ser respondidas no tempo de 30 min, média de 3 min por tarefa. O professor/pesquisador deverá estar atento às dúvidas dos estudantes, se for solicitado deve esclarecer. As questões são do tipo subjetiva.	Espera-se um bom desempenho na realização das questões, principalmente nas que requerem conhecimentos a respeito dos grupos funcionais que apresentam características muito semelhantes e com poucas diferenças acerca das ligações e posição do O.	Os estudantes podem se recusar em responder às atividades, ou de não responder na íntegra, deixando questões sem resposta. Pode acontecer de o estudante precisar de mais tempo para concluir as respostas das atividades. Nesses casos o professor/pesquisador pode perguntar quais são as dificuldades e dar mais tempo para conclusão.
05	Verificar os efeitos da estimulação da PERCEPÇÃO VISUAL dos estudantes a partir de imagens de produtos relacionados com às FOO presentes nas fórmulas estruturais.	Competência 3 (EM13CNT302)	OBD1 OBD3 OBD5 CNS1 CNS2 CNS3 CNS4 PN1 PN4 PN5	Equipamentos de projeção. <i>Milieu</i> dos estudantes.	A apresentação de imagens <sup>24</sup> é utilizada para estimular a percepção e atenção dos estudantes. Serão exibidas imagens de produtos relacionados às FOO, seguida da apresentação das moléculas e fórmulas estruturais para que os estudantes, em grupo, dialoguem sobre o que visualizam e percebam as FOO presentes (Apêndice H). Após isso, individualmente os estudantes devem responder o Protocolo 2 (Apêndice I).	A estimulação da percepção visual dos estudantes por meio da apresentação de imagens de produtos relacionados às FOO nas fórmulas estruturais irá auxiliar na identificação dessas funções pelos estudantes, contribuindo para um entendimento mais efetivo e duradouro sobre o tema.	Observação atenta das imagens ou distração. Análise e discussão em grupo sobre as características das substâncias apresentadas. Identificação das FOO presentes nas fórmulas estruturais das substâncias apresentadas. Troca de ideias e opiniões entre os estudantes sobre as características e importância das FOO. Aprofundamento do conhecimento sobre as funções através da discussão e relacionamento com exemplos práticos. Estímulo à criatividade e imaginação dos estudantes ao interpretar as imagens e associarem com as fórmulas estruturais.

<sup>24</sup> Acesse o arquivo como as imagens e informações relacionadas aos produtos ou situações utilizadas nessa atividade, organizadas pelo autor: [https://drive.google.com/file/d/18mvM9vqSC9ITk1Vi6YN0ovmcyoiTYIn/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/18mvM9vqSC9ITk1Vi6YN0ovmcyoiTYIn/view?usp=drive_link)

06	Observar o COMPORTAMENTO ATENTIVO E SELETIVO dos estudantes na construção das moléculas de alguns dos compostos orgânicos trabalhados no TE2, de modo a observar a disposição das funções.	Competência 3 (EM13CNT301)	OBE7 OBE9 OBE10 OBD2 OBD5 OBD6 CNS1 CNS2 CNS5 CNS7 PN3 PN2 PN5 PN7	Recurso didático (kit molecular); Trabalho em grupo com direcionamento de atividades para cada estudante, com o objetivo de mantê-los concentrados por meio de manipulação das peças do kit.	<p>Deve-se orientar os estudantes a se organizarem em grupos de até 5 integrantes e fornecer-lhes kits moleculares, 5 cópias do conjunto de moléculas de compostos orgânicos representados na fórmula estrutural do TE3 (Apêndice J), abordada no TE2, para que cada estudante, simultaneamente, formule as diferentes moléculas, levando em consideração as propriedades e disposição das funções. Para isso, deve-se apresentar aos estudantes as peças que compõem o kit moléculas e seus significados, bem como utilizá-las para representar os átomos e as ligações químicas.</p> <p>Durante a atividade prática, o pesquisador deve observar atentamente o comportamento dos estudantes, registrar as formulações dos compostos orgânicos oxigenados para verificar se estão sendo utilizados corretamente, as disposições das funções nas moléculas e os erros mais comuns cometidos pelos estudantes. Deve observar e anotar se estão atentos às instruções dadas para a construção das moléculas.</p>	<p>Considerando que os estudantes possuem diferentes níveis de habilidade e atenção, é possível presumir que alguns estudantes demonstrem um comportamento mais atento e seletivo na construção das moléculas, seguindo corretamente as instruções e considerando as propriedades e disposições das funções. Entretanto, é possível que alguns estudantes cometam erros comuns, como a disposição incorreta do(s) átomo(s) de O para a função em questão.</p>	<p>A formação dos grupos pode acontecer por afinidades entre os estudantes. Além disso, eles podem considerar o kit molecular como um jogo. Os estudantes podem demonstrar atenção às instruções fornecidas pelo pesquisador, utilizando-as de forma correta para a montar as moléculas. No entanto, é possível que algum estudante apresente dificuldade de formular a molécula, talvez por não ter se atentado às orientações ou por dificuldades motoras e de percepção espacial da forma plana da molécula. Nesse caso, os colegas podem colaborar e auxiliá-lo no encaixe das peças, trocando ideias e compartilhando conhecimentos.</p>
----	--	----------------------------	---	--	--	---	---

Fonte: O autor (2024).

#### 4.4.3 Análise *a priori* do terceiro momento (sessão III)

Para esse terceiro momento, previsto para acontecer no dia 20 de outubro de 2023, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

a) Validar as aprendizagens que foram construídas nos primeiro e segundo momentos aplicando os conhecimentos a respeito do número e tipos de ligações dos átomos de C, H e O sobre a estrutura dos grupos funcionais ligados a um ou mais radicais; b) Incentivar atividades em grupo que envolvam o desenvolvimento do foco atencional na presença de estímulos que integram características para identificação de informações sobre as FOO por meio de um jogo didático.

Para atingir o primeiro objetivo, os estudantes deveriam demonstrar domínio dos conceitos básicos desenvolvidos no estudo do grupo dos hidrocarbonetos, como o C possui quatro elétrons de valência, o que o capacita a formar quatro ligações covalentes, o H forma uma única ligação, pois possui apenas um elétron de valência, além desse, o O forma duas ligações covalentes (dois pares de simples e um par de ligação dupla), pois possui seis elétrons de valência. Além disso, os átomos de C, H e O podem formar ligações duplas e triplas entre si, resultando na formação de grupos funcionais como éteres, ésteres, álcoois, ácidos carboxílicos, fenóis, cetona, aldeídos e outros.

Os jogos didáticos constituem um importante recurso que o professor pode utilizar para auxiliar no ensino e na aprendizagem de um determinado conteúdo. Nesse sentido, optou-se por criar um jogo a partir do Quadro 1 - Representação dos Grupos Funcionais Oxigenados. Essa estratégia representa uma forma dinâmica e prática de apresentar o conteúdo aos estudantes, tornando-o mais interessante e despertando o interesse deles. Além disso, o jogo estimula os alunos a desenvolverem estratégias para buscar a vitória, o que contribui para a fixação do conhecimento de forma lúdica e participativa. Esse conjunto de atividades previsto para esse momento está estruturado no Quadro 11, na sequência.

Quadro 11 - Estrutura do terceiro momento da SD

Atividade	Objetivo	Competência e Habilidade	Marcador	Variável macrodidática	Variável microdidática (recursos e metodologia)	Hipótese	Possíveis comportamentos/ Soluções
07	Validar as aprendizagens que foram construídas nos primeiros e segundos momentos, aplicando os conhecimentos sobre o número e os tipos de ligações dos átomos de C, H e O na estrutura dos grupos funcionais, que estão ligados a um ou mais grupos de radicais.	Competência 3 (EM13CNT301)	OBE7 OBE8 OBD1 CONS4 PN4 PN5 PN6	Resgate de algumas tarefas trabalhadas e exploração de novas para legitimar a aprendizagem.	No TE4 (Apêndice K), são apresentadas algumas estruturas incompletas para que os estudantes, individualmente, representem os grupos funcionais que caracterizam o composto em questão. Após isso, o professor deve apresentar em slide a forma completa das estruturas para que os próprios estudantes confirmem o grupo de átomos que estava faltando. Essa é uma forma do estudante se autoavaliar acerca da aprendizagem das FOO.	Espera-se que os estudantes se recordem dos conceitos aprendidos nas atividades anteriores para representar corretamente os grupos funcionais, estabelecendo conexões entre a estrutura química e as reações químicas que ocorrem dentro desses compostos.	Os estudantes podem não se recordar de todos os aspectos relacionados às reações químicas dos grupos funcionais e, nesse caso, o professor pode oferecer esclarecimentos de forma abrangente, atendendo às dúvidas de toda a turma simultaneamente.
08	Desenvolver estado atento e espírito competitivo no processo de aprendizagem das FOO.	Competência 3 (EM13CNT301)	OBE6 OBE8 OBD5 CONS1 CONS2 CONS4 PN1 PN3 PN4 PN6 PN7	Jogo de tabuleiro e cartas sobre aspectos (Apêndice L) ligados às FO, criado pelo pesquisador com objetivo didático.	Diante das aprendizagens que foram construídas, para que o estudante tenha um bom desempenho no jogo didático, além do conhecimento das funções, é preciso manter-se concentrado e atento às jogadas dos colegas. Antes de iniciar a partida, o professor deve explicar todos os procedimentos e as regras do jogo. É interessante a simulação de uma jogada para que todos tenham a mesma oportunidade de agir.	Inicialmente os estudantes devem encontrar dificuldades em se manter liderando o jogo, mas, ao observar as jogadas dos colegas, buscará estratégias para se manter no jogo que precisa de atenção e concentração.	Alguns estudantes podem não ter compreendido a dinâmica do jogo, e por isso precisam que o professor esclareça alguns pontos.

Fonte: O autor (2024).

#### 4.4.4 Análise *a priori* do quarto momento (sessão IV)

Para esse quarto momento, previsto para acontecer no dia 27 de outubro de 2023, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

a) Revisar os conceitos-chave de Funções Orgânicas Oxigenadas por meio de um jogo didático on-line que utiliza recursos multimídia para estimular a resposta rápida e precisa aos estímulos, avaliando o processo e a compreensão por meio da pontuação e do feedback personalizado.

b) Avaliar a intervenção didática por meio de respostas dos estudantes a um TE5 que considera a aprendizagem do conteúdo em questão, a metodologia utilizada e os recursos didáticos genéricos que foram utilizados, assim como o material impresso, além das considerações sobre os conjuntos de atividades, se contribuíram ou não para sua aprendizagem.

Uma das formas mais eficientes e envolventes de revisar e avaliar os conceitos-chave de FOO é por meio de um jogo didático on-line. Nesse tipo de atividade, a utilização de recursos multimídia é fundamental para estimular a resposta rápida e precisa aos estímulos apresentados.

Esse tipo de recurso permite combinar elementos como imagens, conceitos, estruturas, características e outros aspectos do conteúdo em questão, como mostrado na Figura 20, algumas das telas do jogo didático criado na plataforma *Wordwall*. Decidiu-se por desenvolver um jogo didático customizado, ao invés de usar uma das muitas opções gratuitas disponíveis, devido às vantagens oferecidas em termos de escolhas e estratégias que o pesquisador pode considerar, de acordo com os fundamentos teóricos e objetivos específicos desta pesquisa.

Figura 20 - Telas do jogo didático criado no *Wordwall*



Fonte: O autor (2024).

O jogo cria um ambiente de aprendizagem dinâmico e interativo, tornando o processo de aprendizagem atrativo e estimulante para os estudantes. Além disso, a incorporação de elementos como pontuação e feedback personalizado contribui para a avaliação constante da compreensão dos estudantes, possibilitando um acompanhamento mais próximo do seu progresso. Dessa forma, o uso de jogos didáticos online pode ser uma estratégia eficaz para revisar e consolidar os conceitos de FOO, de forma lúdica, prática e com resultados significativos.

A avaliação da intervenção didática por meio das respostas dos estudantes a um questionário específico (TE5), consultar Apêndice H, permite uma análise abrangente sobre diversos aspectos do processo de ensino-aprendizagem. Ao considerar a aprendizagem do conteúdo, é possível verificar se os estudantes foram capazes de compreender e assimilar os conceitos abordados. Além disso, a metodologia utilizada na intervenção também é avaliada, possibilitando identificar se as estratégias educacionais adotadas foram adequadas e eficientes para despertar a atenção e a participação ativa dos estudantes. Os recursos didáticos genéricos utilizados, como materiais impressos e audiovisuais, também são analisados, pois sua utilização adequada pode potencializar o processo de ensino-aprendizagem. Por fim, as considerações sobre o conjunto de atividades previstas, estruturadas no Quadro 12, permitem avaliar se estas contribuíram para que os estudantes internalizem e aplicassem os conhecimentos adquiridos, consolidando sua aprendizagem de forma efetiva. Essa avaliação abrangente é fundamental para identificar pontos fortes e limitações da intervenção didática, possibilitando ajustes e melhorias para futuras práticas educacionais.

Quadro 12 - Estrutura do quarto momento da SD

Atividade	Objetivo	Competência e Habilidade	Marcador	Variável macrodidática	Variável microdidática (recursos e metodologia)	Hipótese	Possíveis comportamentos/Soluções
09	Revisar os conceitos-chave de Funções Orgânicas Oxigenadas por meio de um jogo didático on-line que utiliza recursos multimídia para estimular respostas rápidas e precisas aos estímulos, avaliando o processo e a compreensão por meio da pontuação e <i>feedback</i> personalizado.	Competência 2 (EM13CNT203)	OBE8 OBD5 OBD6 CONS1 CONS2 CONS4 CONS6 PN2 PN5 PN7	Mudança de ambiente de aprendizagem e metodologia de ensino; Jogo didático online; Laboratório de Informática.	Os estudantes serão convidados a participar de uma atividade no laboratório de informática que consiste em um jogo didático on-line que será acessado por meio de um link <sup>25</sup> e utilizando os computadores. Serão fornecidas instruções e demonstrações sobre como participar do jogo. Ao final, os estudantes terão acesso às pontuações e ao tempo de conclusão no ranque.	Espera-se que os estudantes se engajem no jogo didático on-line e tenham bom desempenho, principalmente em relação ao tempo de reação e ao reconhecimento das FOO.	Pode acontecer de os estudantes não compreenderem as regras do jogo e não terem um bom desempenho. Com isso, os estudantes queiram participar de uma próxima rodada. Nesse caso, se houver tempo, pode ser proposta uma nova rodada do jogo.
10	Avaliar os efeitos da intervenção didática por meio de respostas dos estudantes a um TE5 que considere a aprendizagem do conteúdo em questão, a metodologia utilizada e os recursos didáticos que foram utilizados, assim como o material impresso, além das considerações sobre os conjuntos de atividades se contribuíram ou não para sua aprendizagem.	Competência 3 (EM13CNT301)	OBE4 OBE7 OBD1 OBD3 OBD4 CONS1 CONS4 PN2 PN4 PN7	Conhecimentos prévios dos estudantes verificados com a aplicação do TE1 e as análises sobre o ensino habitual.	O TE5 (Apêndice M) contém 10 questões, assim como TE1 proposta para ser aplicada no primeiro momento.	Espera-se obter resultados melhores em comparação com o TE1, considerado como um raio X da aprendizagem diante das diversas atividades que serão desenvolvidas.	Os estudantes podem não compreender alguma questão e ter dificuldade de respondê-la, nesse sentido, o professor deve esclarecer as dúvidas.

Fonte: O autor (2024).

<sup>25</sup> <https://wordwall.net/pt/resource/59184795/jogo-did%c3%a1tico-quiz>

## Considerações Parciais

Nessa fase da EDC, foi formulada e analisada uma SD, que, conforme Artigue (1988), consiste em um conjunto de aulas previamente planejadas e analisadas com a intenção de perceber situações de aprendizagem, considerando os conceitos descritos na pesquisa didática. Nesta investigação, considerou-se um conjunto de atividades organizadas para acontecer em quatro momentos de intervenção didática (06, 13, 20 e 27 de outubro de 2023), para cada momento, destinaram-se 2 horas/aulas.

As atividades foram planejadas considerando os achados das análises feitas na primeira fase da EDC. Além disso, preocupou-se em empregar recursos didáticos genéricos e organizá-los de modo que os estudantes desenvolvam a atenção seletiva e se concentrem na realização das tarefas, tendo em vista a aprendizagem das FOO.

Nesse sentido, inicialmente buscou-se compreender como ocorre o processo de aprendizagem, sob o olhar da NC, em relação ao processamento cerebral da informação. Com base nisso, foram organizadas situações adidáticas e didáticas que auxiliem no desenvolvimento de competências e habilidades elencadas pela BNCC, superação de obstáculos epistemológicos e didáticos. Para organizar as sessões, teve-se apoio nos princípios da TSD de Guy Brousseau.

Além dessas teorias, considerou-se a TIC, que enfoca a atenção seletiva e a identificação de características relevantes em um estímulo. Nesse sentido, a partir dos recursos didáticos genéricos selecionados, é possível conduzir busca por características que definem as FOO, por meio de cores, traços, formas e disposições das características dos estímulos apresentados, bem como a presença ou ausência de características e as similaridades dos alvos a serem indicados.

De acordo com essa teoria, nosso sistema perceptual atua selecionando características salientes de um estímulo e integrando-as para formar uma representação coerente do objeto ou evento em questão. Isso significa que o processamento de informações ocorre em várias etapas, desde a detecção dos elementos básicos até a identificação de características mais complexas.

Por outro lado, a TSD, desenvolvida por Brousseau, aborda a aprendizagem a partir de situações concretas e cotidianas que são propostas aos estudantes. Ela enfatiza a importância da interação entre o estudante e o objeto de conhecimento,

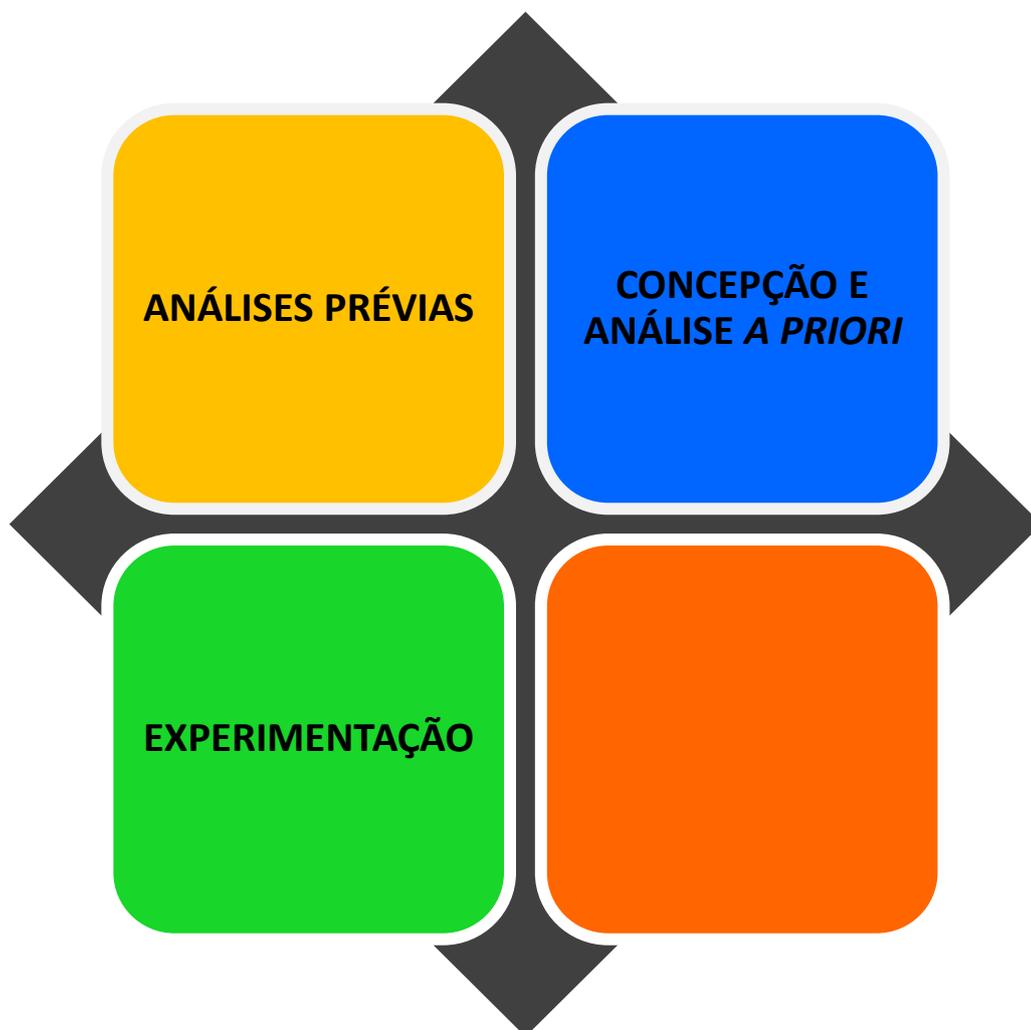
sugerindo que a aprendizagem ocorre a partir de situações didáticas e da reflexão sobre essas situações.

Apesar de suas diferenças, é possível identificar pontos de convergência entre as duas teorias. Ambas consideram a importância do contexto e da interação na construção do conhecimento. Enquanto a TIC enfatiza a atenção seletiva e o processamento perceptivo, a TSD focaliza a interação entre o estudante e o objeto de conhecimento empregado nos recursos didáticos genéricos adotados. Isso quer dizer que as características das FOO podem ser moldadas pela forma como a situação é apresentada aos estudantes, levando-os a focalizar certos aspectos e integrá-los em sua compreensão.

Além disso, com a TSD pode-se incorporar a ideia de atenção seletiva ao planejar as atividades. Ao considerar características que devem ser destacadas, identificadas, complementadas e representadas nas situações, enquanto isso, ignora características que dizem respeito a outros grupos funcionais orgânicos. Assim, o pesquisador direciona a atenção dos estudantes para aspectos relevantes, para a situação e facilitar o processo de integração de informações.

Portanto, a SD, além de articular as teorias a partir de sua ênfase na interação entre a atenção seletiva, o processamento perceptivo e a construção do conhecimento, ambas apontam para a importância de considerar o contexto e as características relevantes para promover a aprendizagem significativa.

A próxima sessão desta investigação deve ser dedicada à aplicação da SD, seguindo as fases da EDC, a qual corresponde à experimentação. É chegado o momento de partir para o campo de execução, pôr em prática com o objetivo de conduzir situações didáticas para testar as hipóteses que foram levantadas, de modo a observar e controlar, quando possível, as variáveis macrodidáticas e microdidáticas presentes.



## 5. EXPERIMENTAÇÃO

### Considerações Iniciais

Seguindo o curso da terceira fase da EDC, conforme Artigue (1988, p. 299), a experimentação consiste nas “observações feitas durante as sessões de ensino, mas também as produções dos estudantes em sala de aula ou fora dela”. Assim, esta sessão tem como objetivo apresentar os processos de implementação da SD, bem como o controle das variáveis definidas e dos comportamentos previstos, além dos dados que foram coletados.

Acerca das produções que serão apresentadas, fruto da aplicação da SD, foram obtidas ao acessar os protocolos e testes respondidos pelos estudantes. Além desses, contou-se com os registros fotográficos, audiovisuais e anotações do pesquisador produzidos durante a aplicação das situações didáticas específicas com o intuito de retratar o mais próximo da realidade.

Sendo assim, estruturou-se esta seção de acordo com a ordem de aplicação e desenvolvimento das situações que compõem os momentos I, II, III e IV, conforme estão desenhadas na Figura 19. Cabe salientar que essa fase não conta com fiel catalogação com as teorias, visto que elas serão evocadas na próxima fase, a de análises *a posteriori* e validação.

Ao longo dos quatro momentos, o pesquisador enfrentou desafios ao seguir o planejamento inicial na implementação dos protocolos e testes, devido às demandas operacionais da instituição.

Essas dificuldades que serão especificadas, de certa forma, precisam ser consideradas, pois de alguma maneira comprometem a coleta das informações e o alcance dos objetivos estabelecidos para as situações didáticas, ainda que alguns comportamentos tenham sido previstos, no entanto, estes dizem respeito às variáveis microdidáticas.

Nesta fase da pesquisa, foram apresentados recortes dos registros dos estudantes. Em relação aos demais dados, para facilitar a visualização e compreensão, optou-se por sistematizá-los por meio da estatística descritiva. Esse método envolve a organização, classificação e representação dos dados relacionados ao fenômeno em estudo através de gráficos e tabelas (Lopes, 2008).

A utilização desse método estatístico para a análise dos dados não desconfigura a natureza qualitativa da pesquisa, pelo contrário, enriquece o estudo ao acrescentar uma dimensão quantitativa à abordagem. Ao combinar dados qualitativos e análises estatísticas, é possível obter uma compreensão mais abrangente do fenômeno em estudo, incluindo seu impacto nos comportamentos dos estudantes e na eficácia da pesquisa.

Ao final desta sessão, serão apresentadas considerações parciais sobre a aplicação da SD. No entanto, antes de explorar o primeiro momento, é relevante destacar que o pesquisador teve contato prévio com os estudantes. Nesse encontro, os termos, TALE e TCLE, foram apresentados e lidos, proporcionando uma visão geral do que seria desenvolvido nos quatro momentos subsequentes.

Diante da apresentação desses documentos aos estudantes da turma do 3º ano A vespertino, vinte e sete aceitaram participar da pesquisa, e aos estudantes da turma do 3º ano B vespertino, trinta e três aceitaram. Sendo assim, inicialmente a pesquisa contou com sessenta estudantes do 3º ano EM do CETII.

### 5.1 Primeiro momento (sessão I)

Neste primeiro momento, houve a participação de dois grupos de estudantes do 3º ano do EM: vinte estudantes do 3º ano A e trinta e dois do 3º ano B. Com relação à turma do 3º ano A, essa interação ocorreu no dia 20 de outubro de 2023, uma sexta-feira, durante os três primeiros períodos de aula nos quais foram desenvolvidas as Atividades 01, 02 e 03. Já com os estudantes do 3º ano B, esse mesmo momento ocorreu em 23 de outubro, uma segunda-feira, durante o quarto e quinto período de aula, gentilmente cedidos pelo professor de Matemática.

A razão para a realização desse primeiro encontro com as turmas em dias diferentes se deve à necessidade da instituição. No dia 20 de outubro, por razões importantes, após o intervalo, todos os estudantes foram liberados, precisamente durante o quarto período de aula, quando estava previsto esse encontro com o grupo de estudantes do 3º ano B.

Nesse primeiro encontro, a atividade começou na sala de aula, onde os estudantes foram informados sobre o objetivo da **Atividade 01 (TE1)**, que consistia em avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao conteúdo de FOO,

bem como compreender como o Ensino de Química está sendo abordado atualmente e conhecer o uso de recursos didáticos genéricos. Além disso, eles foram instruídos de que se tratava de uma atividade individual, e que tinham um tempo estimado de 30 minutos para concluí-la. Em caso de dúvidas, deveriam perguntar para o pesquisador.

Para garantir um desempenho eficaz, os estudantes receberam orientações para que prestassem atenção a todos os detalhes e se empenhassem. No entanto, isso requer concentração, e, portanto, foram alertados a não fazerem uso de dispositivos eletrônicos, como celulares, durante as aulas, a fim de evitar distrações.

É importante destacar que essas instruções foram passadas aos estudantes do 3º ano A a partir das 13h21, após 21 minutos do início da primeira aula. Isso se deve ao fato de que muitos estudantes dependem do transporte escolar, logo chegaram atrasados. No caso do 3º ano B, também houve atraso de 15 min para iniciar, visto que a atividade ocorreu após o intervalo e os estudantes demoraram a retornar à sala de aula.

De acordo com Brousseau (1986, p. 51), esse conjunto de comportamento esperado dos estudantes e do pesquisador para com esses, diante de um saber em jogo, é denominado de contrato didático, que estabelece “Uma relação que determina – explicitamente em pequena parte, mas sobretudo implicitamente – aquilo que cada parceiro, o professor e aluno, tem a responsabilidade de gerir e pelo qual será, de uma maneira ou de outra, responsável perante o outro”.

A partir desse ponto, o TE1 (Apêndice D) foi distribuído para os estudantes e, em seguida, cada um recebeu um código de identificação<sup>26</sup> para ser utilizado em todos os registros escritos produzidos, como testes e protocolos.

Durante o desenvolvimento dessa atividade, foram feitas anotações sobre o comportamento dos estudantes em relação às orientações iniciais, bem como sobre as dúvidas e possíveis soluções. O foco principal estava nas respostas fornecidas às dez questões, sendo que, neste texto, designaram-se as questões subjetivas como Qs e as questões objetivas como Qo.

No decorrer da resolução do TE1, dois estudantes manifestaram dúvidas na interpretação das Qs 1 e 2, afirmando não saber como respondê-las. Diante disso, o pesquisador se empenhou em controlar essa variável microdidática, esclarecendo as

---

<sup>26</sup> O código é constituído por uma letra que simboliza a turma, por exemplo, "A" para o 3º ano A, seguida por um numeral cardinal "01," resultando em uma combinação exclusiva, como "A01". Da mesma forma, os estudantes do 3º ano B são identificados por códigos que aderem ao mesmo padrão, tal como "B01".

dúvidas e os procedimentos corretos para a resolução dessas questões, bem como das demais, para todos os presentes.

Alguns comportamentos chamaram a atenção do pesquisador. Os estudantes A23, A25 e A12 apresentaram dificuldade de concentração na resolução das questões e se distraíram com o uso do celular, quebrando o contrato didático. Conforme os estudantes entregavam o teste, passavam a ocupar-se com aparelhos eletrônicos.

Na posse de todos os testes, as respostas foram analisadas. No que diz respeito à Qs 1, que visa avaliar o conhecimento prévio sobre as propriedades do C e é classificada como NT, conforme apresenta o Quadro 8, de acordo com a categorização do conhecimento de Robert (1998), é digno de destaque a resposta do estudante B02, como mostra a Figura 21.

Figura 21 - Resposta do estudante B02 para a Questão 1 do TE1

**1. A Química Orgânica é uma área de conhecimento da Química dedicada ao estudo dos compostos de carbono, também conhecidos como compostos orgânicos. Sobre esse elemento químico, o carbono, responda. Quais as propriedades do carbono?**

- Tetra valente, qualifica-se 4 ligações com diferentes elementos químicos;  
 - forma cadeias longas com outros átomos de carbono;  
 - Liga-se ao hidrogênio, formando hidrocarbonetos e de origem, que gera diversos produtos orgânicos.

Fonte: O autor (2024).

Neste caso, observa-se uma compreensão do que a Questão pede um repertório que demonstra conhecimento sobre as propriedades do C. Além desta, é favorável destacar duas outras respostas dadas pelos estudantes A07, conforme expresso na Figura 22, e pelo estudante A26, como mostrado na Figura 23.

Figura 22 - Resposta do estudante A07 para a Questão 1 do TE1

Capacidade de formar cadeias e anéis, inerte, capacidade de formar múltiplas ligações

Fonte: O autor (2024).

O C desempenha um papel central na QO devido à sua versatilidade e capacidade de formar uma vasta gama de compostos, cada um com propriedades

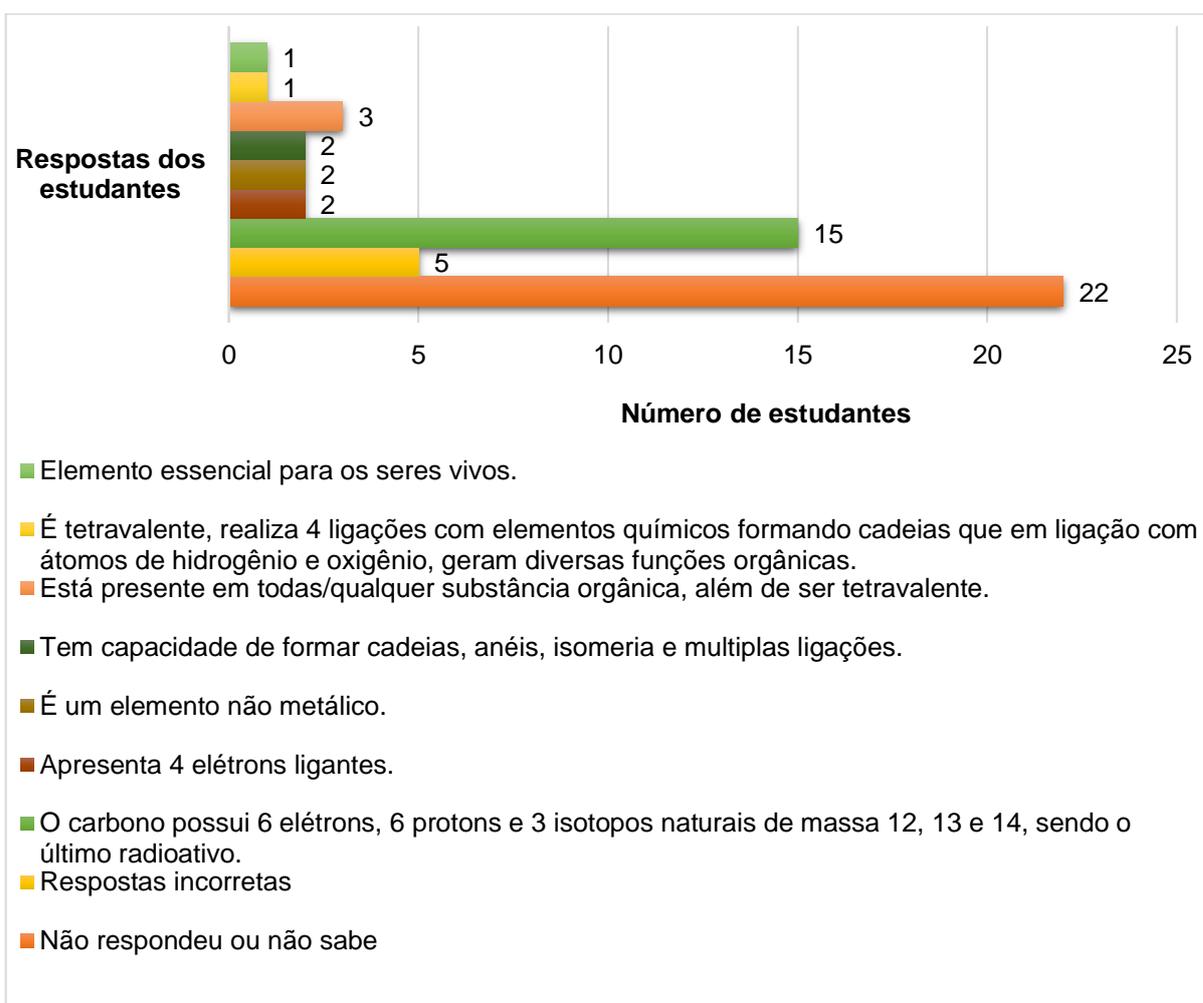
únicas e aplicações específicas. Essa capacidade de formar ligações covalentes flexíveis e estáveis é o que torna o C tão versátil na formação de compostos orgânicos.

Figura 23 - Resposta do estudante A26 para a Questão 1 do TE1

*Possui seis elétrons, seis prótons e três isotopos naturais de massa 12, 13 e 14 sendo o último radioativo.*

Fonte: O autor (2024).

Gráfico 1 - Consolidado das respostas a Questão 1 do TE1



Fonte: O autor (2024).

A Qs 2 visa perceber o entendimento que se tem sobre as FO. Assim, analisaram-se as respostas, chegando ao consenso de que os estudantes compreendem as FO como grupos de compostos orgânicos 'divididos' de acordo com

seu comportamento químico ou que possuem propriedades químicas semelhantes, como se constata na resposta do estudante B07, conforme mostrado na Figura 24.

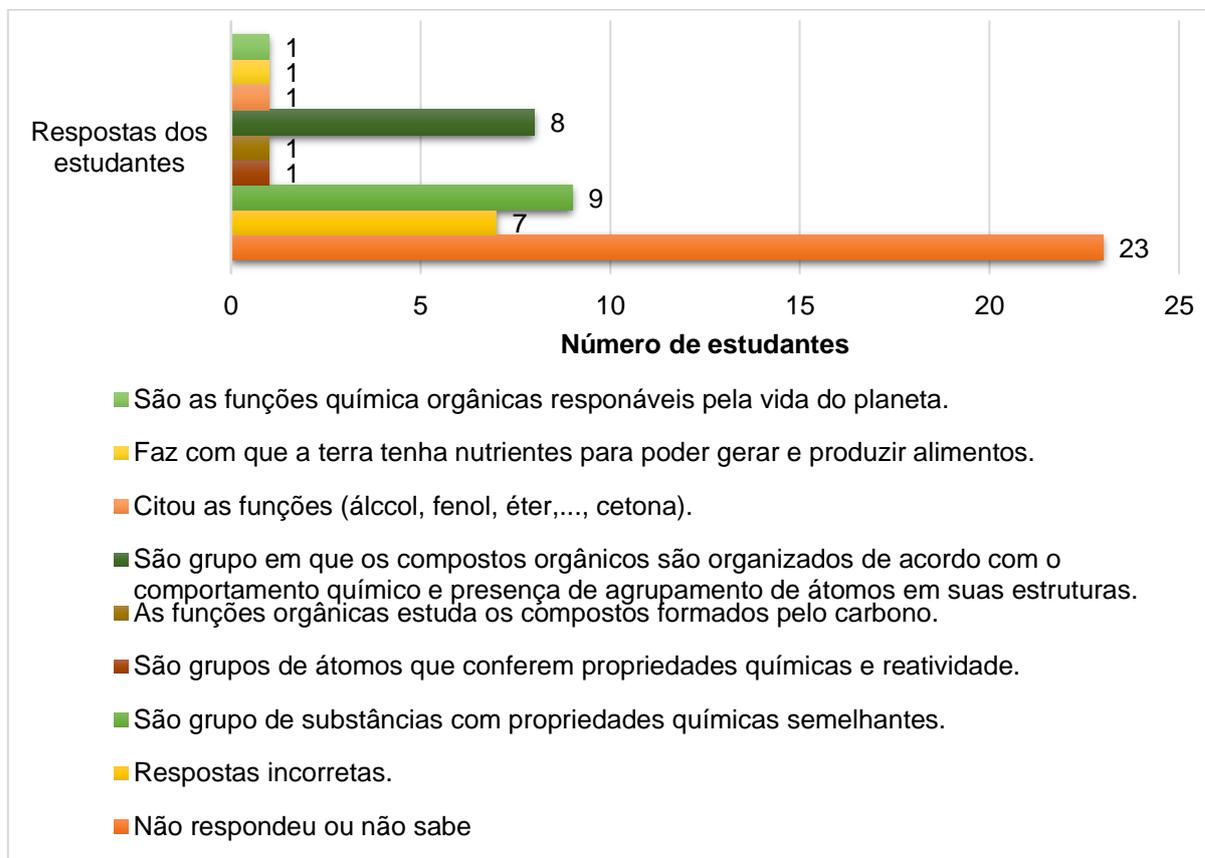
Figura 24 - Resposta do estudante B07 para a Questão 2 do TE1

**2. As moléculas orgânicas são compostos que contêm carbono e são a base da vida na Terra. Há uma grande diversidade de funções orgânicas, cada uma com propriedades e características únicas. Na sua opinião, o que são funções orgânicas?**

São grupos em que os compostos orgânicos são  
divididos de acordo com o seu comportamento químico  
e presença de agrupamentos de átomos em suas  
estruturas.

Fonte: O autor (2024).

Gráfico 2 - Consolidado das respostas à Questão 2 do TE1

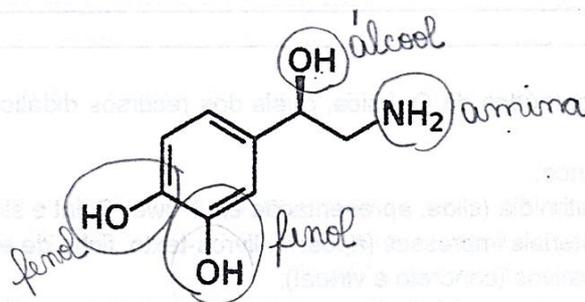


Fonte: O autor (2024).

No que diz respeito à Qs 3, que visa ao reconhecimento das FO na fórmula estrutural do neurotransmissor noradrenalina e à nomeação da função, apenas o estudante B02 reconheceu todas as funções e as nomeou corretamente, como se nota na Figura 25 que segue.

Figura 25 - Resposta do estudante B02 para a Questão 3 do TE1

3. A noradrenalina é um importante composto químico, um neurotransmissor de caráter excitatório do sistema nervoso que afeta a atenção e as ações de resposta no cérebro, ou seja, está relacionada com a regulação do estado de alerta. No corpo, ela contrai os vasos sanguíneos e se relaciona com os processos cognitivos de aprendizagem, criatividade e memória. Abaixo está representada uma molécula desse neurotransmissor, circule às funções orgânicas de seu conhecimento e ao lado escreva o nome da função.

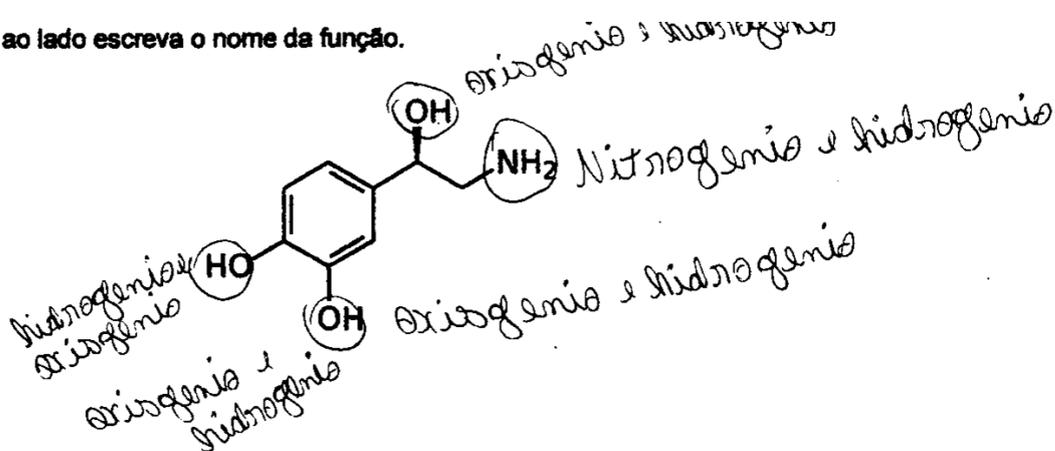


Fonte: O autor (2024).

No caso das respostas dos estudantes A05 e B30, apresentadas nas Figuras 26 e 27, respectivamente, observou-se que ambos circularam o grupo de símbolos que representam e mencionaram os nomes dos elementos químicos, ao invés dos nomes das funções, conforme solicitado. Isso indica que o conhecimento sobre essas funções ainda não tenha sido construído por esses estudantes.

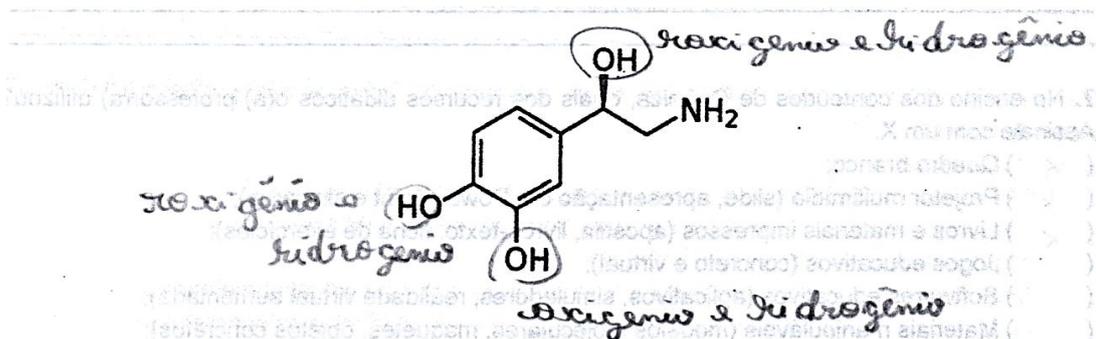
Figura 26 - Resposta do estudante A05 para a Questão 3 do TE1

conhecimento e ao lado escreva o nome da função.



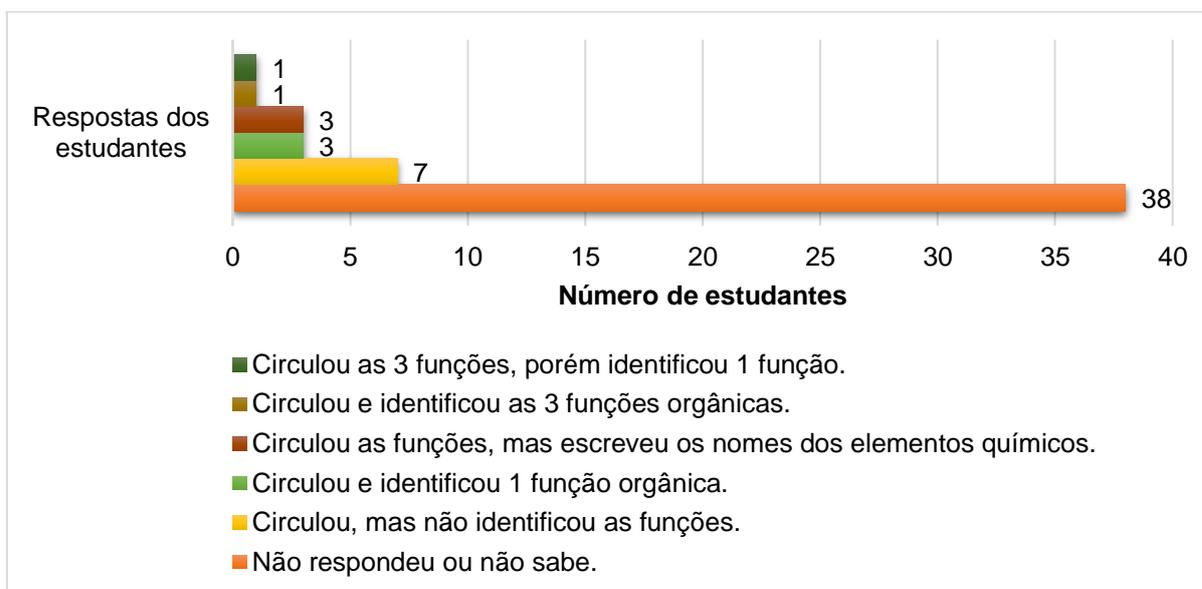
Fonte: O autor (2024).

Figura 27 - Resposta do estudante B30 para a Questão 3 do TE1



Fonte: O autor (2024).

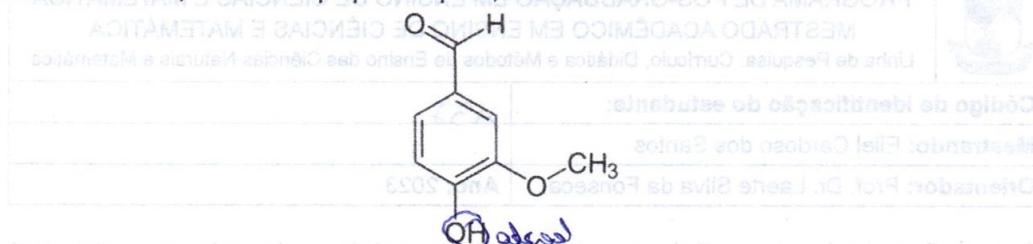
Gráfico 3 - Consolidado das respostas à Questão 3 do TE1



A Qs 4 apresenta a fórmula estrutural de uma molécula de vanilina e solicita o mesmo que a Questão Qs 3. Observou-se uma abordagem semelhante na resposta, no entanto, destacam-se as respostas fornecidas por A20 e A32, conforme representadas nas Figuras 28 e 29, que indicam uma falta de discernimento quanto à distinção entre o grupo hidroxila (-OH) como um álcool ou fenol.

Figura 28 - Resposta do estudante A20 para a Questão 4 do TE1

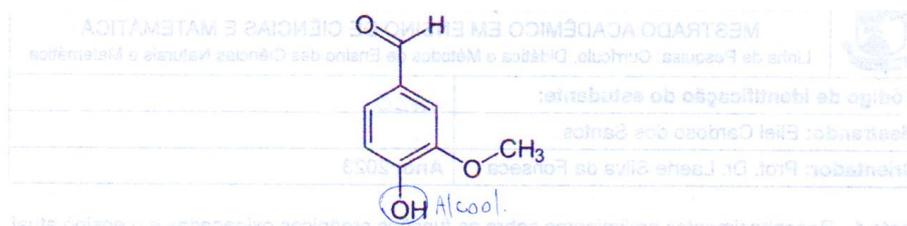
4. (Adaptado de UFV-MG) A vanilina, representada abaixo, é uma substância aromatizante com sabor de baunilha, utilizada no preparo de pães, bolos e doces.



Analisando a representação da fórmula estrutural de uma molécula da vanilina, circule as funções oxigenadas presentes na estrutura e, ao lado, escreva os nomes dessas funções?

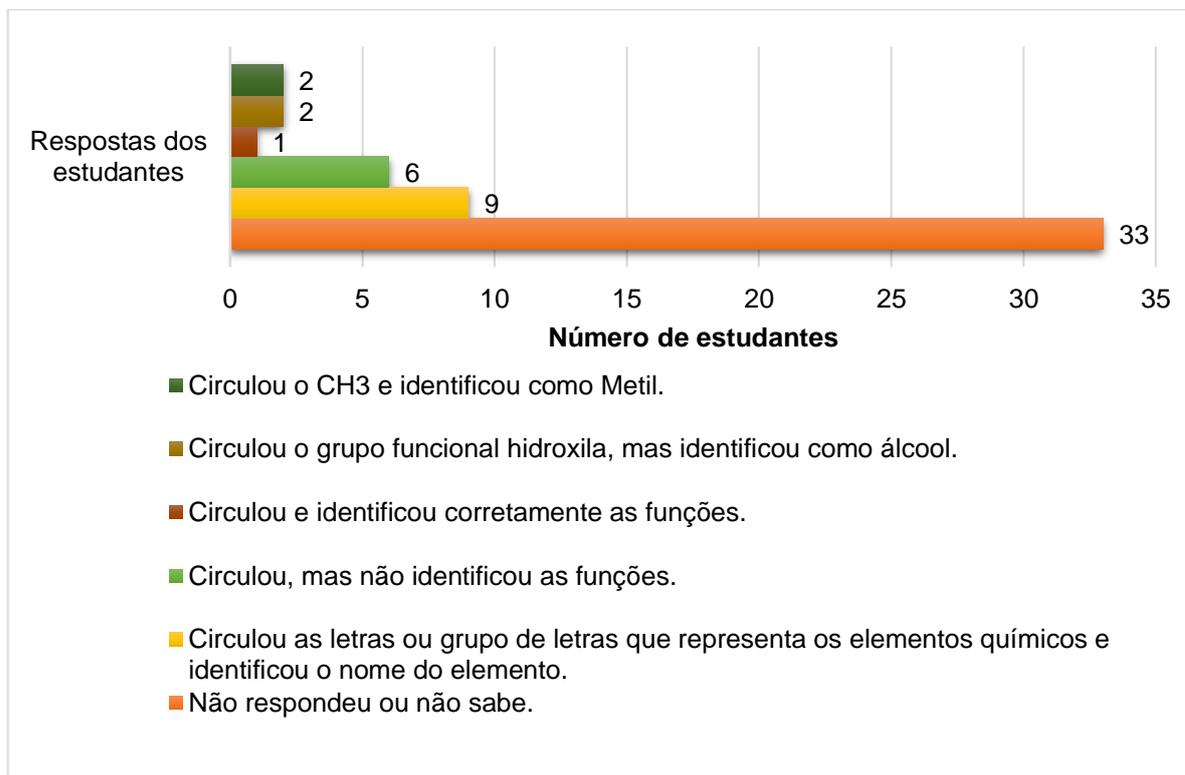
Fonte: O autor (2024).

Figura 29 - Resposta do estudante A32 para a Questão 4 do TE1



Fonte: O autor (2024).

Gráfico 4 - Consolidado das respostas à Questão 4 do TE1



Fonte: O autor (2024).

Na Qs 5, observou-se que a maioria dos estudantes que respondeu mencionou produtos que contêm as funções álcool e cetona, tais como perfume, removedor de esmalte, álcool em gel, cerveja, vinagre de álcool, inseticida e combustíveis. A partir dessas respostas, percebe-se que as funções citadas acima são as mais conhecidas dos estudantes, destacando-se especialmente a função álcool.

Gráfico 5 - Consolidado das respostas à Questão 5 do TE1



Fonte: O autor (2024).

O TE1, além de coletar informações sobre os conhecimentos preliminares de química, também objetivou obter dados sobre a condução do ensino atual de QO nessas turmas específicas.

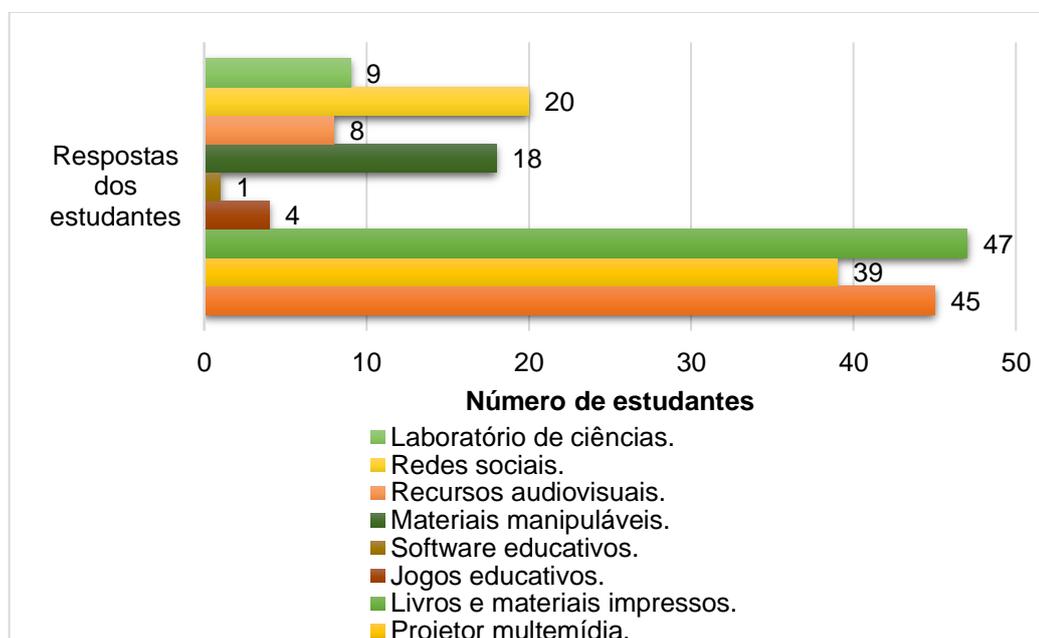
Nesse contexto, as respostas dadas à Qs 6 indicam que mais da metade dos estudantes afirmam que, até o momento, no ano de 2023, ainda não haviam estudado sobre as FOO. Ao serem questionados sobre os recursos didáticos genéricos utilizados pelo professor, diante de uma lista de opções com possibilidade de assinalar mais de uma alternativa, os mais mencionados, respectivamente, foram os livros e materiais impressos, quadro branco, projetor multimídia, materiais manipuláveis, redes sociais e, por último, recursos audiovisuais e laboratório de ciências.

Gráfico 6 - Consolidado das respostas à Questão 6 do TE1



Fonte: O autor (2024).

Gráfico 7 - Consolidado das respostas à Questão 7 do TE1



Fonte: O autor (2024).

Em resposta à Qs 8, que indaga os estudantes sobre o desenvolvimento do ensino de QO, o consolidado das respostas sugere que o professor adota uma abordagem proativa. Ele antecipa o conteúdo, enviando o livro didático em formato PDF por meio de rede social, visando a uma preparação prévia dos alunos. Durante as aulas, o professor faz uso de slides, os quais são posteriormente compartilhados, e recorre à lousa branca para explicar mais detalhes, além de aplicar e corrigir exercícios e conduzir atividades escritas.

Além disso, são utilizadas atividades impressas, destacando-se a elaboração de mapas e o emprego de materiais manipuláveis. Antes da verificação de aprendizagem, há uma revisão do conteúdo, consolidando os principais conceitos abordados. Esse método visa incentivar a participação ativa do estudante, proporcionando diferentes abordagens para atender às diversas formas de aprendizagem.

A respeito das dificuldades na aprendizagem da QO, a Qs 9 questiona se o estudante teve alguma dificuldade. A maioria afirmou que teve dificuldade em entender as estruturas e fórmulas empregadas para representar os conceitos e conhecimentos produzidos pela Química. Também foi mencionada a dificuldade de memorizar, pelo fato de os assuntos serem considerados complexos, além dos nomes das funções. Alguns estudantes disseram que, no início, tiveram dificuldade pelo fato de não terem estudado esse assunto anteriormente, enquanto outros atribuíram as dificuldades à “falha de atenção e concentração”, como mostram os excertos nas Figuras 30 e 31.

Figura 30 - Resposta do estudante B13 para a Questão 9 do TE1

9. Você teve alguma dificuldade no aprendizado dos conteúdos de Química Orgânica que já foram estudados? Se teve, explique com detalhes quais foram essas dificuldades.

*Sim, tive algumas dificuldades justamente na parte de compreender o assunto, porque também às vezes não consigo me concentrar na sala de aula, mas para poder compreender melhor o conteúdo acabo chegando em casa e assistindo vídeos aula para absorver o conteúdo um pouco mais.*

Fonte: O autor (2024).

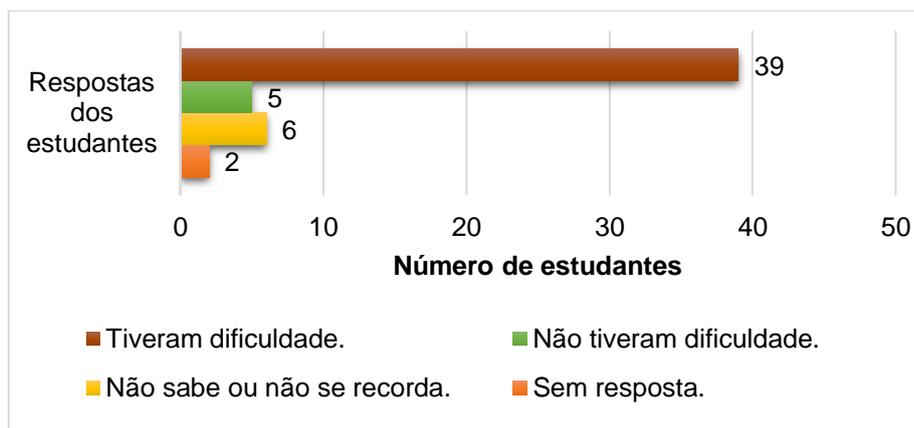
Figura 31 - Resposta do estudante B15 para a Questão 9 do TE1

*Bem, eu tenho muita dificuldade na área de Química. Em me concentra é na realização das atividades, dificilmente consigo gravar os assuntos.*

Fonte: O autor (2024).

Assim como B13, outro estudante, A25, destaca que teve diversas dúvidas que não foram esclarecidas durante as aulas, mas que em casa estuda os conteúdos por meio de videoaulas, que quais desempenhavam um papel fundamental para sanar as dúvidas.

Gráfico 8 - Consolidado das respostas à Questão 9 do TE1

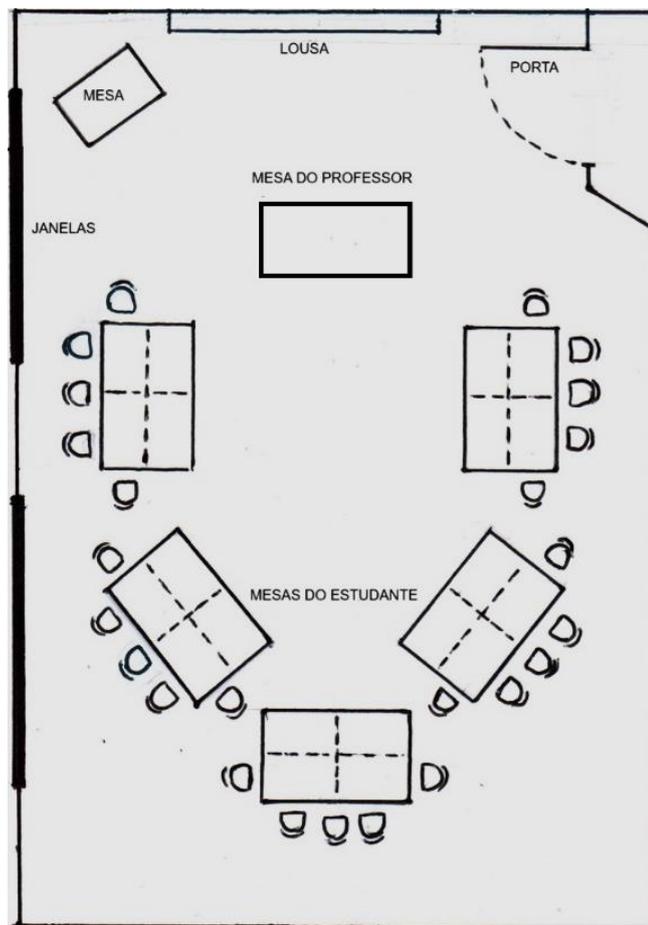


Fonte: O autor (2024).

Por fim, a Qs 10 questiona sobre o uso ou não do LD atual nas aulas de química. Nota-se que o livro atual não é utilizado, no entanto, é usado outro, por acreditar que a abordagem dos assuntos é mais clara. Este é empregado para abordagens dos assuntos, como material de estudo e para a realização de exercícios de fixação e atividades, conforme afirma a maioria dos estudantes.

Após finalizar o TE1, os estudantes foram convidados a se dirigir à outra sala de aula previamente organizada com todos os recursos tecnológicos e didáticos necessários para o desenvolvimento da **Atividade 02**. As mesas e cadeiras foram organizados estrategicamente, conforme mostra a Figura 32, tanto para favorecer a formação de grupos de cinco estudantes para discussão da atividade quanto para captação de filmagem.

Figura 32 - Organização física da sala de aula



Fonte: O autor (2024).

Inicialmente, foi apresentado para os estudantes o objetivo da atividade, que é proporcionar a aprendizagem das FOO a partir de uma situação adidática, que consiste em assistir a um vídeo de 15 minutos e 43 segundos, no qual são apresentadas sete situações que depois foram discutidas em grupos e, em seguida, individualmente, o Protocolo 01 (Apêndice E) foi respondido.

Nesse sentido, solicitou-se que se mantivessem atentos a todos os detalhes apresentados no vídeo. Para isso, foram orientados a guardar o celular dentro da mochila ou no bolso, com o intuito de evitar distração com o aparelho. Para reproduzir o vídeo, utilizou-se um computador, caixa de som e projetor (datashow).

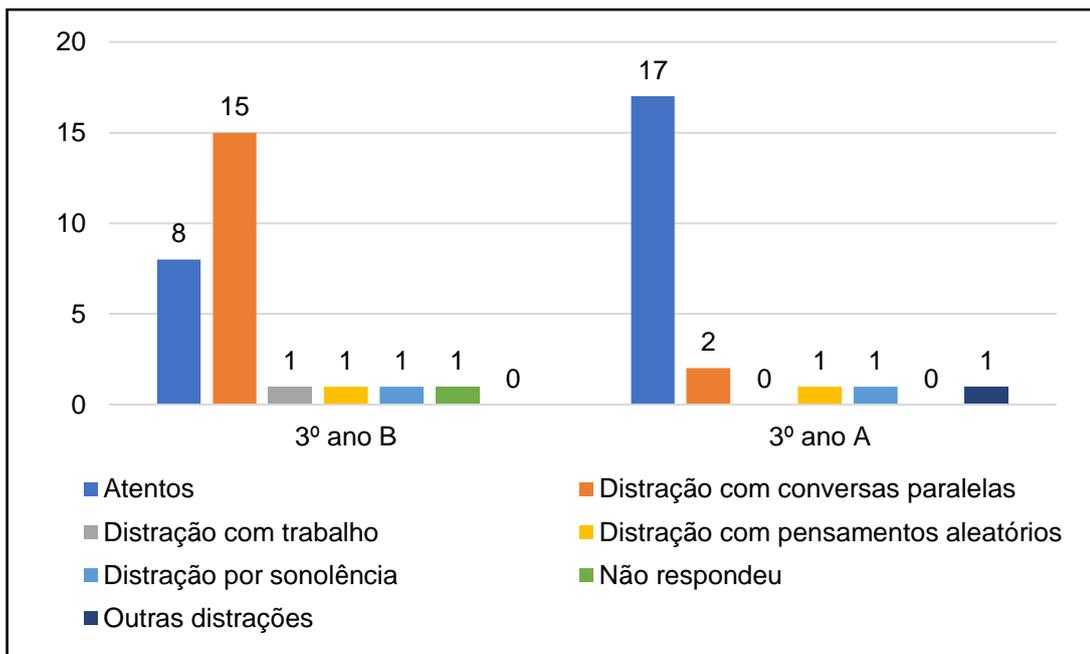
Ao analisar as filmagens, nota-se que a maioria dos estudantes do 3º ano A se manteve focada. No entanto, seis estudantes se distraíram, sendo quatro envolvidos em conversas paralelas e dois utilizando o celular, mesmo diante das orientações fornecidas.

Quanto aos estudantes do 3º ano B, embora estivessem concentrados, destaca-se que os estudantes B26 e B32 se envolveram em conversas paralelas, resultando em distração não apenas para eles, mas também para seus colegas, especialmente aqueles próximos a eles, conforme comprova o Gráfico 9.

Adicionalmente, ao término de apresentar a situação 3, o estudante B26 indagou aos presentes se “a paciente tem marcapasso”, recebendo como resposta dos colegas a informação de que “ela tem problema na válvula do coração”. Esse comportamento demonstra falta de concentração e foco atencional. Além desses casos, mais dois estudantes também se distraíram com conversas paralelas e um com o uso do celular.

Após a exibição do vídeo, os estudantes foram orientados a discutir em grupo as situações, por um tempo de 10 minutos. Nesse contexto, receberam o Protocolo 01 para responder sobre as situações, sua atenção e registrar suas reflexões sobre a experiência com a atividade. Para facilitar o diálogo, foi solicitada a reprodução do vídeo em volume baixo, e essa solicitação foi prontamente atendida.

Gráfico 9 - Consolidado das respostas à Questão 3 do Protocolo 01

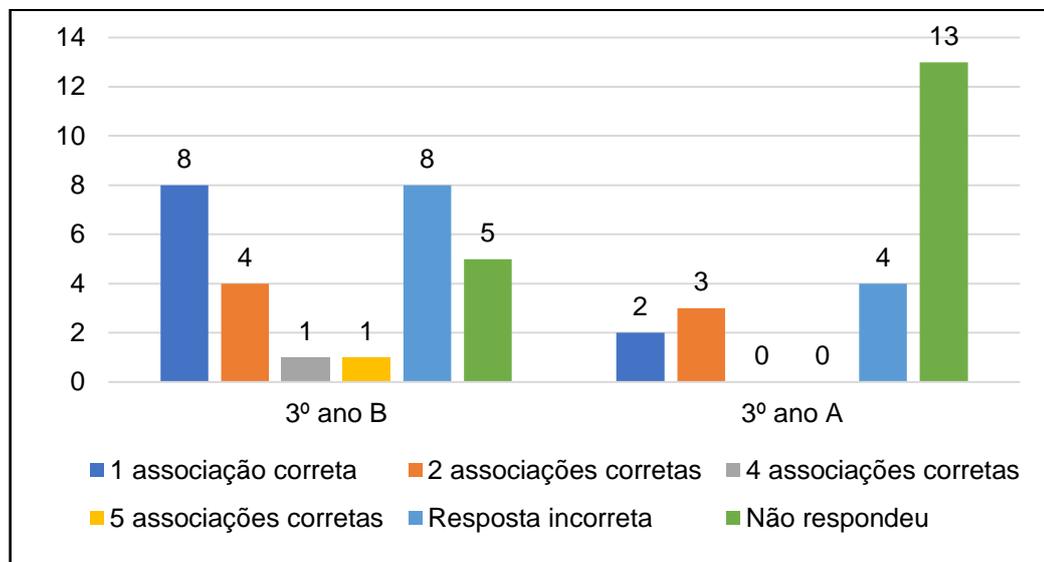


Fonte: O autor (2024).

Ao examinar as respostas referentes à Questão 1, que requer dos estudantes a associação dos produtos ou situações apresentadas no vídeo a uma FOO, as respostas foram organizadas conforme mostra o Gráfico 10. Esta abordagem foi

adotada como método para avaliar a habilidade dos estudantes em identificar a presença das FO.

Gráfico 10 - Consolidado das respostas à Questão 1 do Protocolo 01

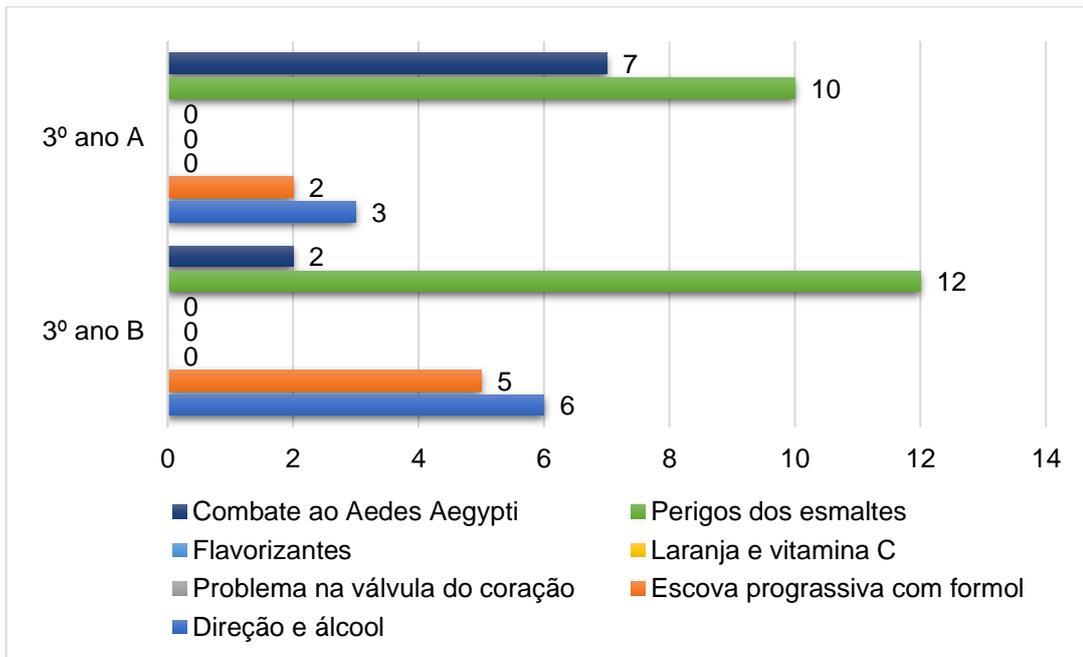


Fonte: O autor (2024).

Além do apresentado, nota-se que as funções álcool, cetona e aldeídos foram as mais citadas nas respostas, talvez por serem as mais comuns em produtos que esse público utiliza no seu cotidiano.

Na Questão 2, buscou-se identificar qual das situações despertou mais a atenção dos estudantes. Com base nas respostas, essas informações foram então organizadas no Gráfico 11, como é apresentando a seguir.

Gráfico 11 - Consolidado das respostas à Questão 2 do Protocolo 01



Fonte: O autor (2024).

A situação que mais chamou atenção foi aquela que apresenta uma reportagem evidenciando os perigos dos esmaltes e unhas, especialmente os de fibra de vidro e em gel, que tendem a entrar em combustão mais rapidamente devido à presença de solventes orgânicos em sua composição. A justificativa para esse destaque, afirmam os estudantes, deve-se à falta de conhecimento acerca da capacidade inflamável dos esmaltes e por ser um produto bastante utilizado entre as mulheres.

Na Questão 4, tende-se a observar as reflexões que os estudantes fizeram sobre a experiência com a atividade. Nesse sentido, nota-se que os estudantes consideram esse tipo de atividade interessante e ao mesmo tempo fundamental para a formação deles, como mostra o excerto na Figura 33, pois reconhecem que as informações apresentadas, principalmente os mitos a respeito do impacto do álcool no corpo humano, assim como os perigos do uso de produtos inflamáveis como os esmaltes, sem conhecimento, colocam em perigo a saúde e a vida das pessoas.

Figura 33 - Resposta do estudante A20 para a Questão 4 do Protocolo 01

4. Prezado estudante, registre suas reflexões acerca da experiência com essa atividade.

O vídeo serviu como novas fontes de conhecimento, pois apresentou informações desconhecidas para a maioria da turma. Foi interessante adquirir mais conhecimento de forma abrangente e diferente do que estamos acostumados a aprender em sala de aula.

Fonte: O autor (2024).

Além desse, o estudante A11 destaca que a experiência foi muito interessante, desenvolvida de maneira colaborativa em grupo, o que proporcionou uma abordagem inovadora de aprendizagem de um tema ainda não estudado. Nesse contexto, outros estudantes também afirmaram ter compreendido a presença e as implicações das FO no cotidiano.

Após a conclusão da atividade anterior, deu-se início à **Atividade 03**, a qual consistiu em explorar o contexto histórico do surgimento da QO e das propriedades e aplicações das principais FOO. Para isso, foram distribuídos dois materiais impressos: o primeiro intitulado “Breve histórico da Química Orgânica e das Funções Orgânicas Oxigenadas” (Apêndice F) e o segundo denominado “Funções Orgânicas Oxigenadas” (Anexo B). Explorou-se o primeiro material mediante a leitura e discussões pontuais de aspectos relevantes, destacando-se um quadro que apresenta as funções, o grupo funcional e as características da FO. Quanto ao segundo material, foi distribuído a todos os estudantes para ser estudado em casa, visando prepará-los para a próxima atividade.

## 5.2 Segundo momento (Sessão II)

A realização desse momento ocorreu no dia 23 de outubro de 2023, uma segunda-feira, e envolveu 18 estudantes da turma do 3º ano A durante os três primeiros períodos de aula. Dessa turma, 03 desistiram de participar da pesquisa. Para a turma do 3º ano B, que envolveu vinte e cinco estudantes, o mesmo momento ocorreu no dia 27 do mesmo mês, nos períodos do quarto ao quinto horário, totalizando quarenta e três estudantes nesse momento. Considerando contratempos iniciais, foi levada em conta a ocorrência de atrasos para o início da atividade. Dessa

forma, com o 3º ano B, nesse dia, limitou-se à execução da **atividade 04**, ao passo que, com o 3º ano A, foram desenvolvidas as atividades 04 e 05.

Essa atividade foi conduzida no ambiente de sala de aula. Inicialmente, os estudantes receberam a informação de que iriam responder a um TE2 (Apêndice G) composto por dez questões, conforme previamente anunciado ao término do primeiro momento. De antemão, foi esclarecido que o propósito da atividade era avaliar não apenas o desempenho na identificação das principais FOO, mas também a compreensão das regras de nomenclatura de acordo com a IUPAC<sup>27</sup> e a habilidade em representar estruturas de compostos orgânicos. Para aprimorar o desempenho, concedeu-se a permissão para que consultassem o material distribuído, além de orientação e incentivo à exploração do conteúdo, com o objetivo de promover uma aprendizagem mais eficaz.

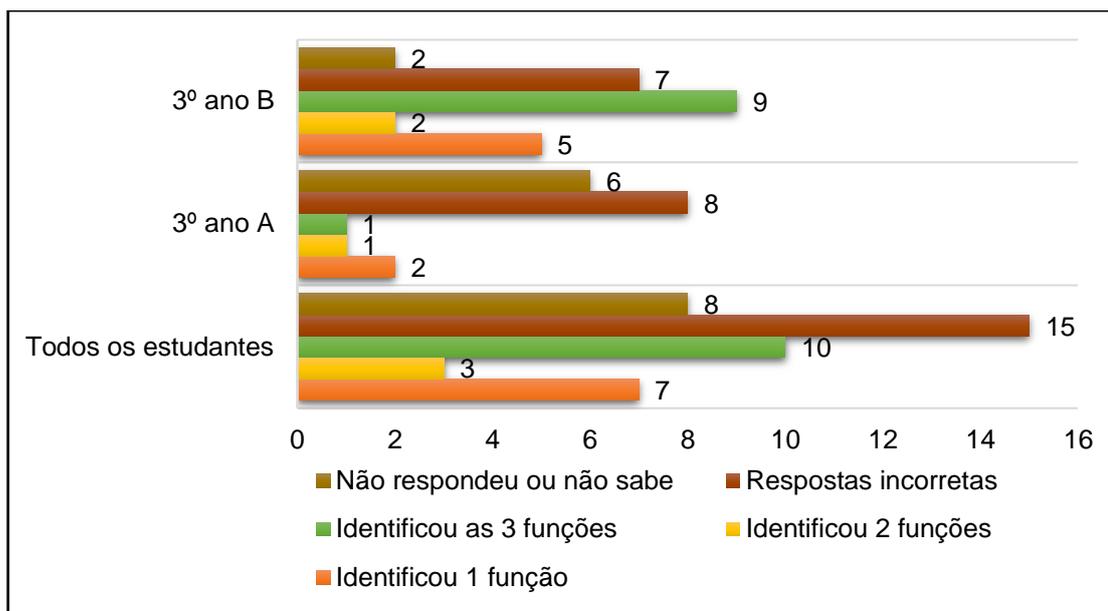
Entretanto, foi observado que os estudantes A18 e A26 não se dedicaram à resolução das questões, mesmo com a possibilidade de consultar o material. Notou-se que o foco de atenção de ambos estava direcionado para a tela do celular. O primeiro estudante limitou-se a responder apenas um item de uma Questão, e de forma incorreta, enquanto o segundo respondeu três itens, todos igualmente incorretos.

Ao analisar as respostas das questões de 1 a 6 nos testes, tomou-se a decisão de apresentar essas informações nos Gráficos 12, 13, 14, 15, 16 e 17, uma abordagem eficaz para oferecer uma representação visual dos dados, simplificando, assim, a análise das respostas.

---

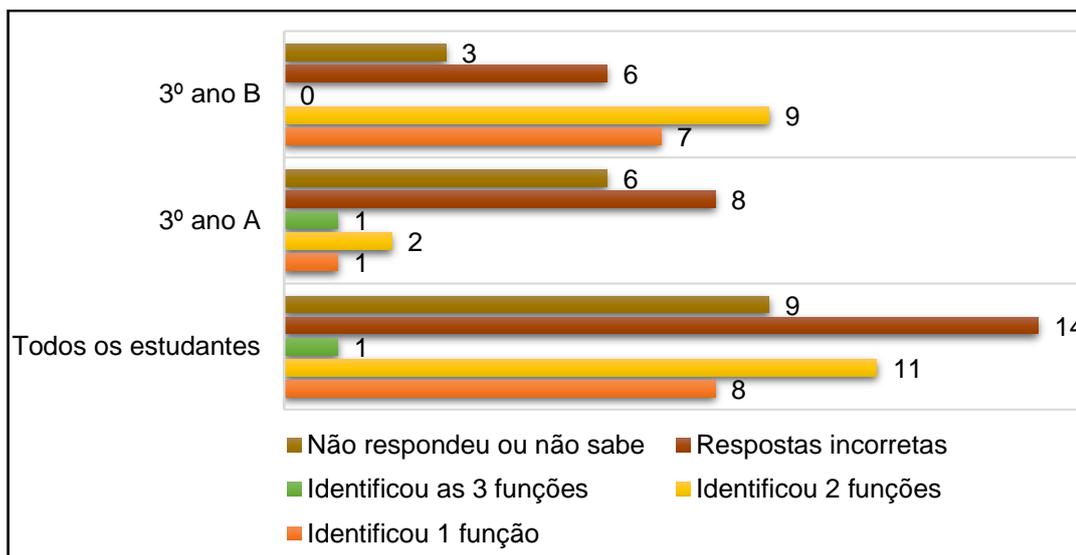
<sup>27</sup> International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada).

Gráfico 12 - Consolidado das respostas à Questão 1 do TE2



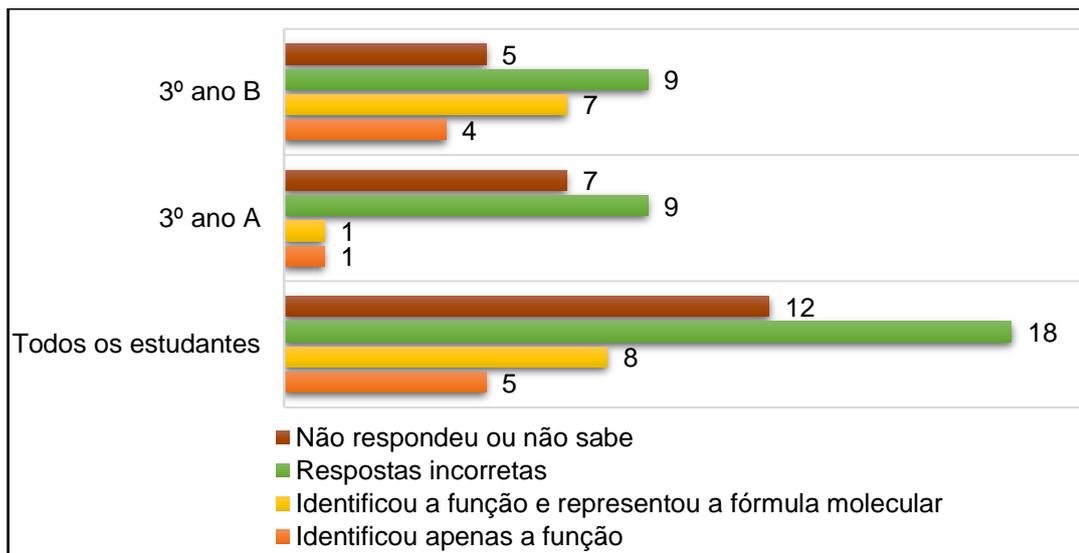
Fonte: O autor (2024).

Gráfico 13 - Consolidado das respostas à Questão 2 do TE2



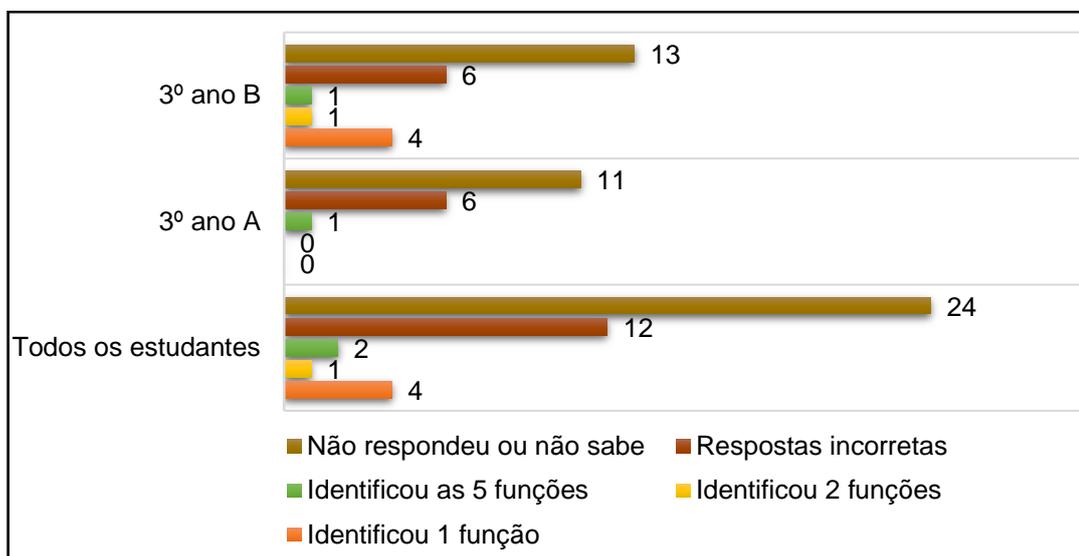
Fonte: O autor (2024).

Gráfico 14 - Consolidado das respostas à Questão 3 do TE2



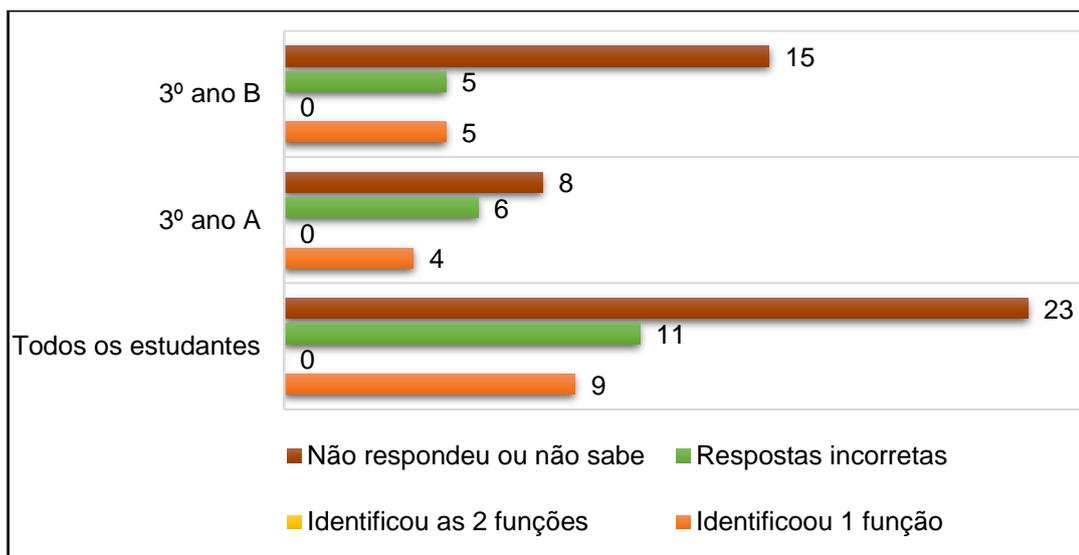
Fonte: O autor (2024).

Gráfico 15 - Consolidado das respostas à Questão 4 do TE2



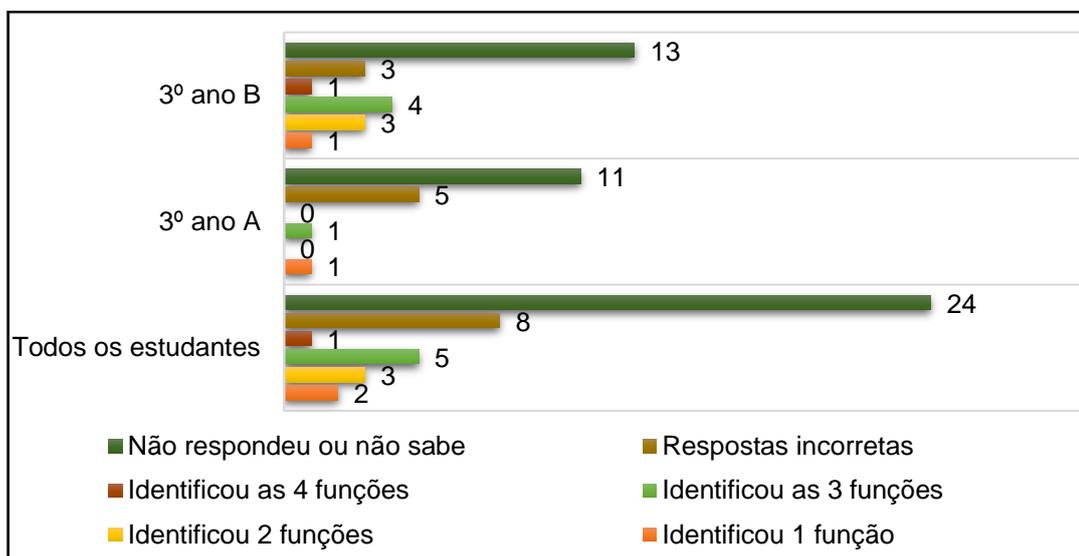
Fonte: O autor (2024).

Gráfico 16 - Consolidado das respostas à Questão 5 do TE2



Fonte: O autor (2024).

Gráfico 17 - Consolidado das respostas à Questão 6 do TE2

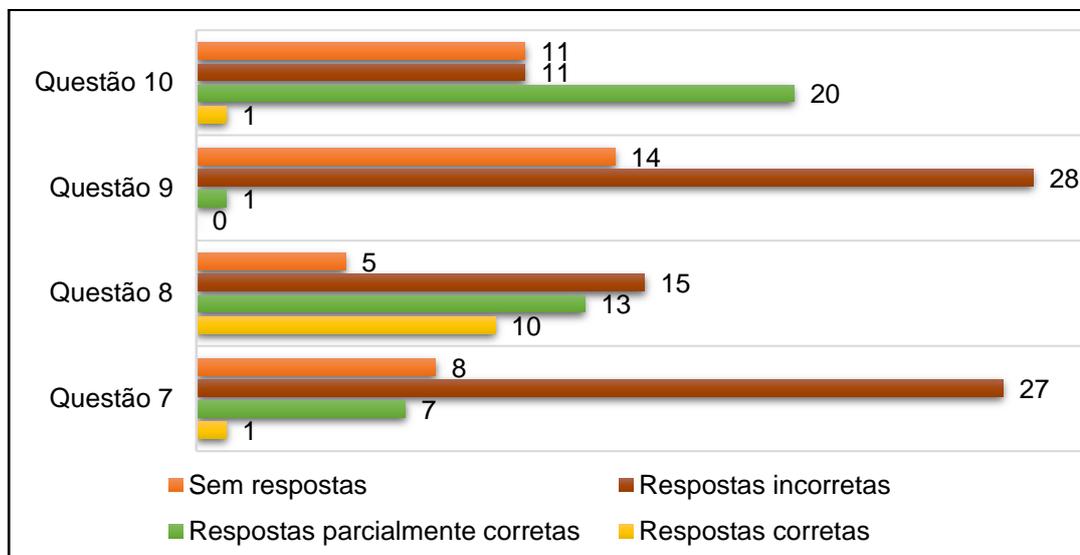


Fonte: O autor (2024)

Com as questões de 7 e 9, procurou-se avaliar o desempenho dos estudantes com a aplicação das regras de nomenclatura orgânica a partir da fórmula estrutural de compostos orgânicos. Já nas Questões 8 e 10, o foco foi invertido, solicitando-se a representação estrutural dos compostos a partir da nomenclatura. Para uma avaliação mais aprofundada, as informações foram organizadas de forma gráfica, a

fim de analisar a presença e construção desses conhecimentos, assim como o desenvolvimento das habilidades. Sendo assim, segue o Gráfico 18.

Gráfico 18 - Consolidado das respostas às Questões 7 a 10 do TE2



Fonte: O autor (2024).

Após finalizada essa atividade, prosseguiu-se com a **Atividade 05**, que teve como objetivo verificar os efeitos da estimulação da percepção visual a partir de imagens de produtos ou substâncias relacionadas com as FOO. Nesse sentido, os estudantes foram convidados a se dirigirem para outra sala de aula previamente organizada, conforme mostrada na Figura 32.

Inicialmente, foram informados do objetivo mencionado acima. Para alcançá-lo, foram apresentados 7 slides (Apêndice H), de modo que fosse possível relacionar o conteúdo apresentado a uma FOO. Além disso, foi explicado que as informações contidas em cada slide seriam disponibilizadas na seguinte ordem: primeiro, a imagem para o reconhecimento do produto ou substância; seguindo da fórmula molecular; depois a fórmula estrutural, o nome da substância, e, por fim, informações adicionais sobre ela.

Também foi dito que, ao final da exibição, os estudantes, em grupo, iriam discutir sobre as informações e identificadas as funções, isso por tempo de 10 minutos. Em seguida, individualmente iriam responder seis questões no Protocolo 02 (Apêndice I), distribuídos na medida em que discutiam, ao final os protocolos foram entregues, finalizando a atividade. Vale lembrar que, para a turma do 3º ano B, essa

atividade foi desenvolvida em 30 de outubro de 2023, uma sexta, nos 4º e 5º períodos de aula. Participaram dezessete estudantes do 3º ano A e vinte e um do 3º ano B.

Dessa forma, na medida em que as informações nos slides eram apresentadas, os estudantes eram questionados se conseguiam relacionar a imagem a algo ou reconheciam a presença de alguma função, assim como, ao apresentar as fórmulas molecular e estrutural, e quando apresentado o nome da substância, se tinha ajudado no reconhecimento, se as informações sobre as substâncias foram lidas.

Os grupos sentiram a necessidade de acessar os slides para auxiliar nas discussões e responder ao protocolo. Antecipando essa demanda, o pesquisador reproduziu cópias dos slides que foram entregues (duas cópias para cada grupo).

Ao analisar a imagem inicial, que retrata uma caixa de Glicerina, os estudantes não conseguiram identificar sua função. No segundo slide, que exhibe amêndoas, a função foi reconhecida apenas ao mencionar o uso de óleo de amêndoas.

No terceiro slide, a imagem de mãos utilizando algodão para remover esmalte das unhas foi associada à função cetona, sendo a substância acetona identificada pela fórmula molecular apresentada.

No quarto slide, que apresenta uma formiga ao lado do modelo molecular espacial do ácido metanoico, a função ácido carboxílico não foi imediatamente identificada. Somente após a apresentação do nome, os estudantes associaram a imagem à função correspondente.

A função éster no quinto slide não foi facilmente identificada; os estudantes a associaram à imagem de uma laranja, confundindo-a com ácido carboxílico. No sexto slide, o éter foi reconhecido pela presença do nome éter dietílico na embalagem. No sétimo slide, que apresenta o paracetamol, a função identificada foi o fenol, discernida por meio da estrutura química.

Um grupo de estudantes ficaram em dúvidas quanto aos nomes acetona e cetona, nesse caso foi preciso uma intervenção, então foi explicado que acetona é um tipo específico de cetona, sendo a cetona mais simples em termos de estrutura molecular e que o termo "cetona" se refere a uma classe de compostos químicos que têm um grupo carbonila ( $C=O$ ) ligado a dois átomos de C.

Ao avaliar as respostas à Questão 1 do Protocolo 02, alguns afirmam que foi possível identificar a função apenas por meio das imagens, como no slide 3, que mostra a remoção de esmalte e a função cetona. Além dessa, destaca-se a função

éter, exemplificada pela imagem de um frasco de éter dietílico. No entanto, outros só conseguiram identificar as funções ao analisar as fórmulas moleculares e estruturais, conforme afirmam os estudantes A33, A16 e B02, respectivamente mostrados nas Figuras 34, 35 e 36.

Figura 34 - Resposta do estudante A33 à Questão 1 do Protocolo 02

1. 1. No seu entendimento, apenas as imagens de produtos ou situações apresentados foram suficientes para você identificar qual é a função orgânica oxigenada presente? Explique quais estratégias ou caminhos utilizou para identificar.

*Só algumas consegui identificar com imagens, as outras precisei ver as fórmulas.*

Fonte: O autor (2024).

Figura 35 - Resposta do estudante A16 à Questão 1 do Protocolo 02

*Não, foi necessário mostrar a fórmula estrutural e molecular*

Fonte: O autor (2024).

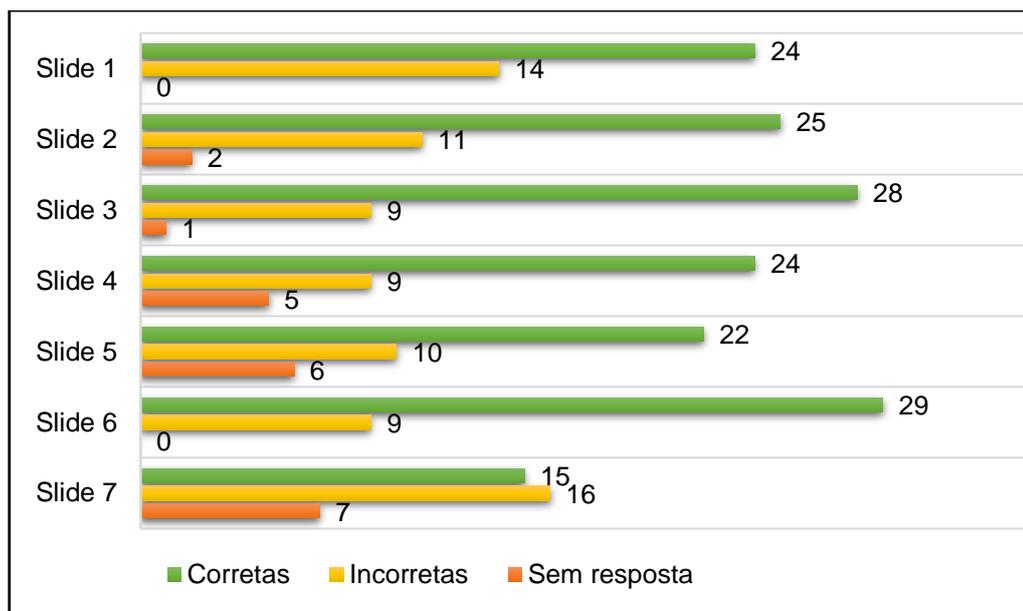
Figura 36 - Resposta do estudante B02 à Questão 1 do Protocolo 02

*Em alguns casos foi possível identificar apenas pelas imagens, pois em algumas o nome químico tem a nomenclatura tradicional IUPAC, porém em outros que mostram apenas imagens, sem nenhuma legenda a identificação foi mais complicada, já que não se sabia de qual substância se tratava.*

Fonte: O autor (2024).

Na Questão 2, solicita-se a demonstração de identificação das funções de acordo com o apresentado nos slides. Assim, organizaram-se as identificações corretas, incorretas e sem resposta no Gráfico 19, de modo a apresentar o resultado da percepção visual e análise de informações.

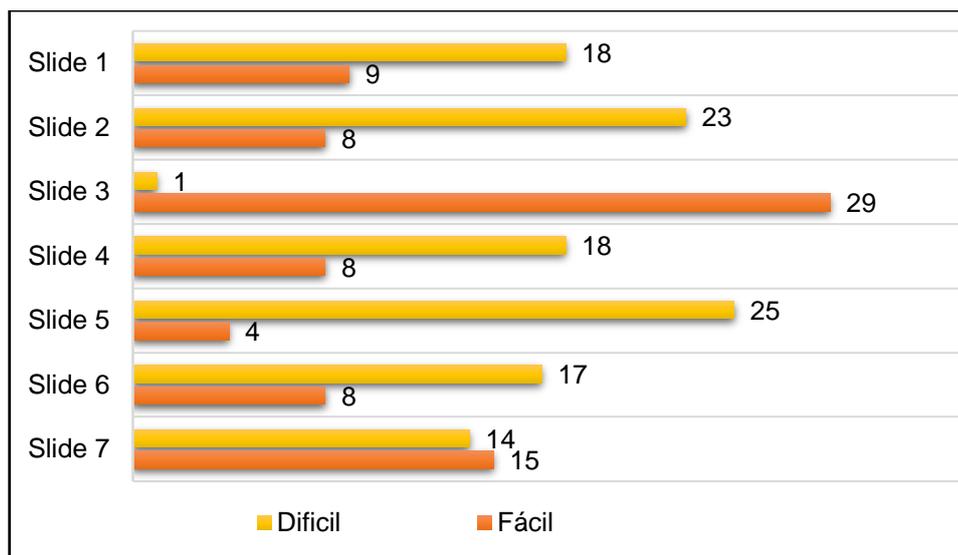
Gráfico 19 - Consolidado das respostas à Questão 2 do Protocolo 02



Fonte: O autor (2024).

A Questão 3 investiga se os estudantes conseguiram identificar a função com as informações apresentadas nas imagens, nas fórmulas moleculares e estruturais. Conforme as respostas dos presentes, metade disse que reconheceu, enquanto a outra metade afirmou que não foi possível identificar as funções. Diante disso, a Questão 4 procurou entender em quais das situações apresentadas nos slides os estudantes tiveram dificuldade e quais consideraram fáceis. Nesse sentido, analisaram-se as respostas e decidiu-se organizá-las no Gráfico 20, que segue abaixo.

Gráfico 20 - Consolidado das respostas à Questão 4 do Protocolo 02



Fonte: O autor (2024).

Alinhada às questões anteriores, a Questão 5 visou entender se o que foi fornecido foi suficiente para compreender o papel das FO. Nesse sentido, a maioria foi respondida com “sim”, afirmando que as informações foram suficientes. Cabe um destaque para a Figura 37.

Figura 37 - Resposta do B02 a Questão 5.

Dim. Pergue, em qm a apresentada algumas propriedades químicas como oxidação, inflamabilidade, etc.

Fonte: O autor (2023).

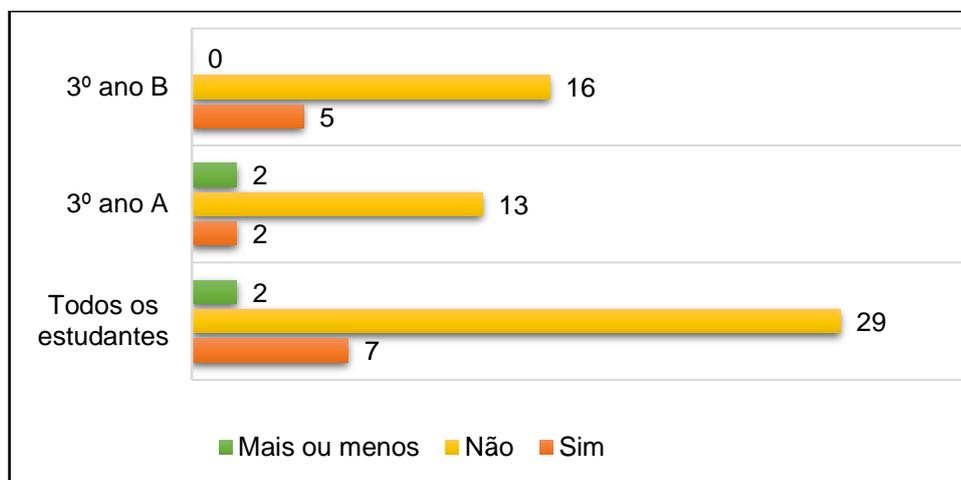
A resposta indica uma compreensão por parte do estudante, entretanto, três estudantes expressaram a insuficiência das informações fornecidas. Um desses estudantes alegou a falta de uma explicação mais formal, embora não tenha detalhado essa observação.

Na Questão 6, os estudantes foram solicitados a refletir sobre sua experiência com a atividade. Os estudantes reconheceram a importância de aprender sobre as FOO para aplicação prática no dia a dia.

Por último, as respostas à Questão 7 despertam a atenção do pesquisador, levando a reflexões pertinentes. Nesse contexto, foi perguntado aos alunos se haviam estudado em casa o material distribuído na Atividade 03. As opções de resposta eram

sim ou não, no entanto, para dois estudantes, essas alternativas não foram consideradas suficientes. Com isso, acrescentaram a opção “mais ou menos”. Diante dessa abordagem mais abrangente, é possível observar, no Gráfico 21, a organização desse panorama de respostas.

Gráfico 21 - Consolidado das respostas à Questão 7 do Protocolo 02



Fonte: O autor (2024).

Em conversa com alguns estudantes, disseram que não tiveram tempo por conta do trabalho, outros esqueceram, alguns apenas leram, mas não chegaram a se aprofundar, ou seja, não explorou o material na íntegra, de modo que não assimilou todas as propriedades, bem como as formas representacionais das FOO, distinguindo-as e identificando elementos em comum, e demais aspectos relevantes.

Após a conclusão da Atividade 05, foram fornecidas aos estudantes do 3º ano B instruções detalhadas sobre o uso dos materiais manipuláveis e uma explicação sobre o TE3 (Apêndice J) que foram utilizados na **Atividade 06**. O objetivo dessa atividade era observar o comportamento atento e seletivo dos estudantes durante a construção de representações de moléculas de alguns compostos orgânicos abordados no TE2, além de avaliar o desempenho dos estudantes em uma atividade em grupo.

Essa atividade foi desenvolvida no dia 27 de outubro, durante os três primeiros horários de , com 9 alunos do 3º ano A e, no dia 31, com 23 estudantes do 3º ano B, também dos três primeiros horários de aula, totalizando 32 participantes.

Os discentes, em sala de aula, foram convidados a se dirigir a outra sala de aula previamente organizada, conforme apresentada na Figura 32, para a formação de grupos. Assim que ocuparam os lugares, foram informados do objetivo da atividade. Posteriormente, cada grupo recebeu um kit molecular, conforme ilustrado na Figura 38. Além disso, cada estudante recebeu uma cópia do TE3 e foi orientado a entregar ao pesquisador apenas uma cópia com todas as anotações.

Figura 38 - Kit molecular para construção de modelos de moléculas



Fonte: O autor (2024).

Nesse contexto, foram fornecidas orientações sobre a composição e utilização do kit molecular. Esse kit consiste em esferas coloridas que representam átomos específicos, como C (preto), O (vermelho), N (azul), H (branco), entre outros. Além dessas, conta com hastes médios e rígidos para representar as ligações simples, hastes longos e flexíveis para representar as ligações dupla e tripla, hastes curtas para representar modelos de preenchimento de espaço, e uma ferramenta de remoção de ligações curtas.

É importante ressaltar que os estudantes foram informados de que o kit modelo molecular é apenas uma forma de ilustrar as características e propriedade dos átomos, das ligações e das moléculas. Essa representação abstrata do átomo não reflete sua forma real, é apenas um recurso para facilitar a compreensão das estruturas químicas, até porque os átomos são muito menores do que os modelos em escala, e suas ligações são mais complexas e dinâmicas.

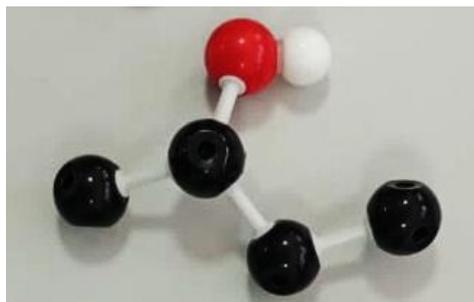
Diante disso, solicitou-se aos estudantes que lessem o manual e o TE3 para a construção das moléculas. No entanto, nem todos se atentaram às orientações

presentes do manual. Com os kits em mãos, alguns integrantes dos grupos começaram a montar as moléculas de forma aleatória, enquanto outros optaram por seguir as orientações do manual ao construir as moléculas representadas na fórmula estrutural presentes no TE3.

Os estudantes do 3º ano A formaram apenas 2 grupos (Grupo A1 e Grupo A2) para a realização da atividade, devido ao número reduzido de participantes. Sendo assim, sobraram 3 kits que foram disponibilizados para que todas as moléculas pudessem ser construídas sem que houvesse a falta de esferas que representa o átomo de H.

Os estudantes do 3º ano B formaram 5 grupos (Grupo B1, Grupo B2, Grupo B3, Grupo B5 e Grupo B5) e utilizaram os 5 kits disponíveis. Porém, o número de esferas que representa o átomo de H não foi suficiente para montar completamente todas as estruturas. Diante dessa situação, foram orientados a utilizar as esferas disponíveis para os grupos funcionais, conforme mostrado na Figura 39. Alguns grupos optaram por construir uma representação de cada vez.

Figura 39 - Representação da molécula do butanol na ausência de hidrogênios nos carbonos



Fonte: O autor (2024).

Ao observar as filmagens, é possível notar uma interação constante dos estudantes no grupo (Figura 40) em busca da construção correta dos modelos moleculares. Nesse momento de interação, as trocas de ideias e sugestões se destacam, demonstrando um estado de atenção à seletividade no processo. O foco está nas estruturas principais, como O e C, além dos grupos funcionais específicos. Durante essa atividade, o pesquisador optou por não intervir intensamente, preferindo se resguardar e atender aos estudantes apenas quando solicitado. Essa abordagem visa permitir que os discentes conduzam as construções entre si.

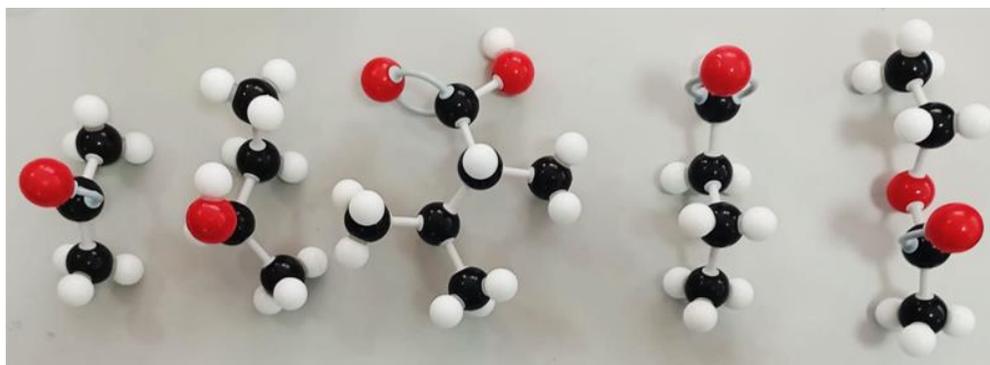
Figura 40 - Estudantes em momento de interação e construção



Fonte: O autor (2024).

À medida que os modelos eram construídos, registros fotográficos eram meticulosamente capturados, como evidenciado nas Figuras 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 e 48.

Figura 41 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo A1 (A04, A05, A17, A03)



Fonte: O autor (2024).

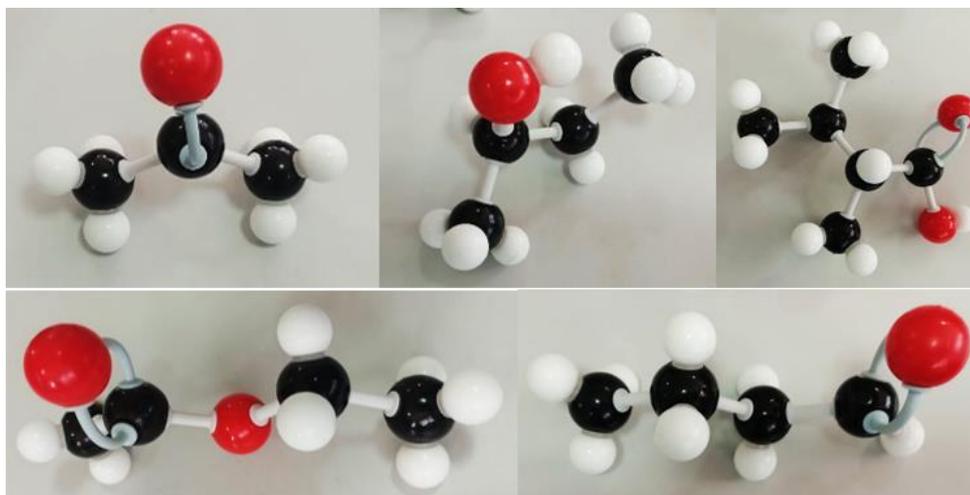
A figura acima demonstra a forma correta dos modelos das moléculas dos compostos orgânicos oxigenados apresentados pelo grupo, conforme está disponível na fórmula estrutural no TE3. Cabe salientar que o grupo identificou corretamente as FOO, respectivamente nessa ordem: cetona, álcool, ácido carboxílico, aldeído e éster.

De acordo com os registros dos estudantes, o grupo teve dificuldade em descobrir a quantidade de H, isso porque eles estão ocultos nas cadeias de linhas, também conhecidas como representação *bond line*.

Nesse tipo de representação, as linhas correspondem às ligações entre os átomos de C, e os átomos de H não são explicitamente desenhados, a menos que estejam ligados a átomos diferentes de C. Essa abordagem é usada para simplificar desenhos e tornar a estrutura molecular mais fácil de visualizar.

O Grupo A2 também enfrentou essa dificuldade, no entanto, superou-a, tendo em vista a apresentação dos resultados que indicam a compreensão da forma simplificada na representação. Isso fica evidente na construção do modelo espacial ou 3D, conforme a Figura 42.

Figura 42 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo A2 (A33, A15, A13, A11, A19)



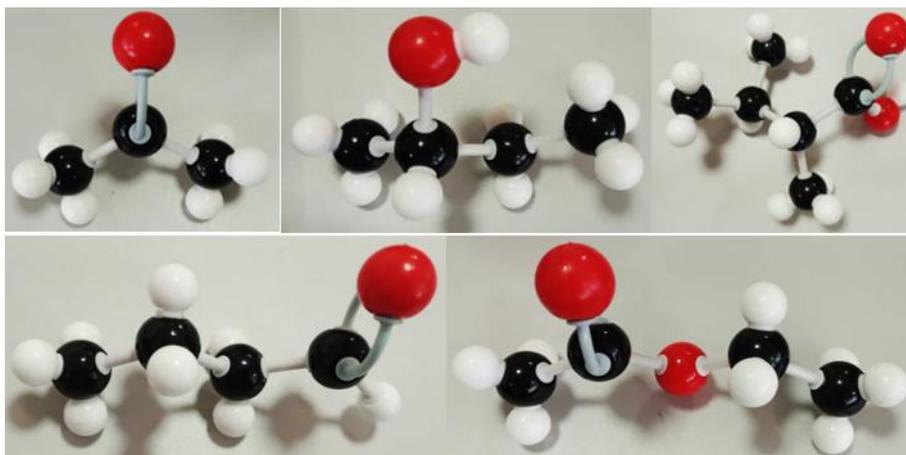
Fonte: O autor (2024).

Ao analisar as anotações do grupo, identificaram erroneamente a FOO presente no butanol como fenol. Isso indica uma falta de clareza quanto ao fato de que um grupo hidroxila ligado a um C saturado caracteriza um álcool, como é o caso em questão e, quando ligado a um anel de benzeno, configura-se como um fenol.

O Grupo B1 apontou a dificuldade de montar as ligações duplas do O. Apesar de estarem cientes do número de ligações, os estudantes hesitaram devido ao receio de quebrar as hastes longas. Diante dessa situação, o pesquisador esclareceu para a classe que todos as hastes, inclusive as mais longas, são fabricadas em polietileno, justamente para proporcionar a flexibilidade necessária durante a montagem e eliminar o receio de danificar as estruturas.

Na Figura 43 é apresentado o resultado do desempenho do grupo com as construções dos modelos moleculares.

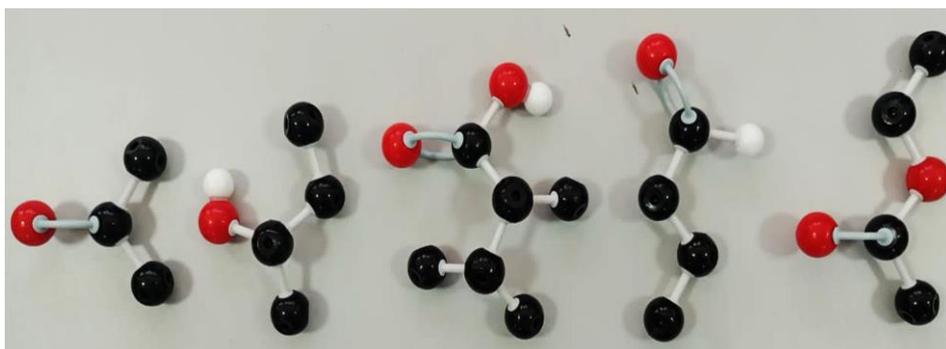
Figura 43 - Construção dos modelos moleculares pelo Grupo B1 (B01, B12, B08, B27, B19, B28)



Fonte: O autor (2024).

O Grupo B2 optou por construir todos os modelos (Figura 44) e justificou a ausência das esferas brancas devido à falta de quantidade necessária para compor todas as moléculas. Demonstrando um entendimento trivalentência do C, o grupo explicou que os orifícios nas esferas pretas seriam conectados por hastes (ligações) à esfera branca, representando o H.

Figura 44 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo B2 (B01, B12, B08, B27, B19, B28)



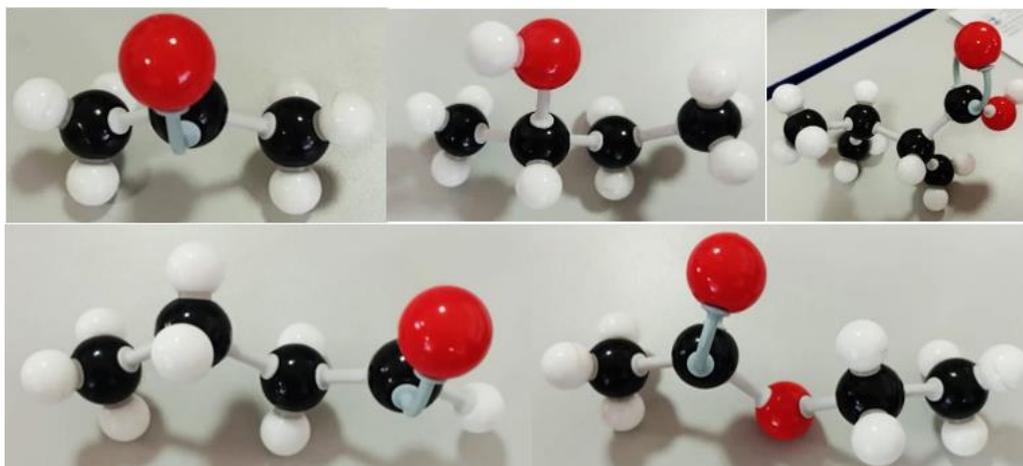
Fonte: O autor (2024).

O grupo identificou corretamente as FOO e registou as dificuldades. Entre essas, destacam-se dúvidas quanto à quantidade adequada de peças que representa o átomo de C a ser utilizada, bem como receios em relação à possível quebra das hastes, especialmente quando se tratava de ligações duplas. Além disso, observou-se certa falta de compreensão entre os colegas, refletida na dificuldade em compartilhar e entender as ideias uns dos outros. O outro desafio mencionado foi a

complexidade no posicionamento da estrutura para efetuar o encaixe preciso das ligações.

O Grupo B3 teve dificuldade ao identificar quantos H usarem na estrutura B (butanol). Além disso, encontrou dificuldades ao determinar o número certo de C na estrutura C (ácido 2,3-dimetil-butanoico), inicialmente em dúvida entre 6 ou 5 carbonos, mas depois decidiram que seriam 6. Essas estruturas são complexas, com muitos elementos. Porém, não enfrentaram dificuldades com as construções (Figura 45) nas outras estruturas. Não disseram quais as FOO presentes nos compostos orgânicos.

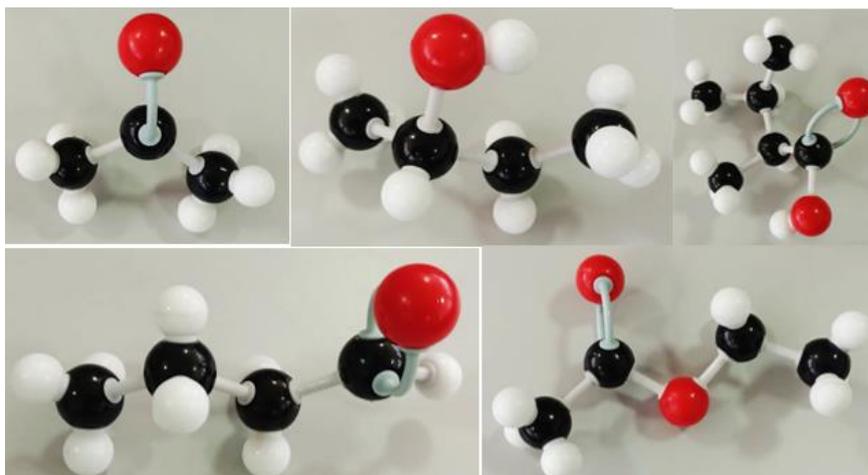
Figura 45 - Construção dos modelos moleculares pelo Grupo B3 (B20, B13, B10, B03, B07)



Fonte: O autor (2024).

No Grupo 4B, identificaram as FOO, mas cometeram um erro semelhante ao do Grupo A2 ao confundir o grupo hidroxila no butanol classificando-o como uma função fenol, adicionalmente, enfrentaram desafios na identificação da FOO éster. A formação de ligações duplas no momento do encaixe parece ser uma dificuldade encontrada por todos os grupos. Além disso, houve uma concepção equivocada de que não era necessário seguir uma ordem específica, resultando na construção aleatória das estruturas. Na Figura 46 estão as construções do grupo.

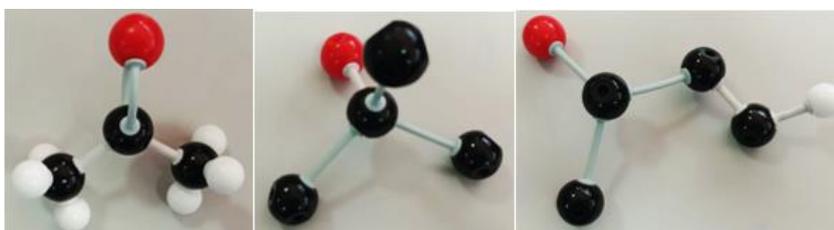
Figura 46 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo B4 (B33, B11, B16, B29, B30)



Fonte: O autor (2024).

Por último o Grupo B5 construiu apenas as três primeiras estruturas de modelos moleculares. O primeiro modelo na Figura 47 está correto, mas os outros dois estão incorretos. Em vez de identificar as FOO, identificou os tipos de ligações, a quantidade de C e H de cada composto orgânico. Nos registros disseram ter tido diversas dificuldades, semelhantes às enfrentadas pelos outros grupos. Assim, nota-se que os estudantes, nessa atividade, não apresentaram grandes resultados. Ao observar os comportamentos, nota-se um desvio de atenção para conversas paralelas, possivelmente isso explique o desempenho abaixo do esperado.

Figura 47 - Modelos moleculares construídos pelo Grupo B5 (B23, B32, B34)



Fonte: O autor (2024).

Ao discutir a atividade com os grupos, a maioria expressou interesse, e alguns até compararam o material manipulável a um jogo, destacando sua atratividade e envolvimento dos presentes nesses dias.

Após concluída a Atividade 6, deu-se início ao terceiro momento da SD, que contemplou as Atividades 07 e 08. Para análise do comportamento atento, o

desenvolvimento dessas atividades foi registrado em vídeos e fotos, visto que a atividade anterior já estava sendo filmada

### 5.3 Terceiro momento (Sessão III)

Para o desenvolver da **Atividade 7**, solicitou-se aos estudantes que se organizassem em fileiras, uma vez que a atividade foi realizada de forma individual. Após essa organização, conforme ilustrado na Figura 47, apresentou-se o objetivo da atividade, que era de validar as aprendizagens construídas nos primeiro e segundo momentos, aplicando os conhecimentos sobre o número e os tipos de ligações entre os átomos de C, H e O na estrutura dos grupos funcionais. Esses grupos funcionais estão vinculados a um ou mais grupos de radicais.

Nesse contexto, foi distribuído o TE4 (Apêndice K), nela foi solicitado que os estudantes completassem as estruturas com as ligações (simples e duplas) e os símbolos dos elementos C, H e O que faltam para completar as fórmulas estruturais de sete compostos orgânicos que já haviam sido abordados em atividades no primeiro e segundo momentos.

Nessa atividade, esperou-se dos estudantes o domínio do emprego correto das ligações que estão faltando, a representação dos símbolos de modo a formar os grupos funcionais que caracterizam as FOO e o desenvolvimento da atenção focal.

Ao analisar as respostas, buscou-se identificar o uso adequado das ligações, os conhecimentos que possivelmente estão consolidados e aqueles que ainda não foram adquiridos pelos estudantes. Observou-se empenho e bons resultados, tendo em vista que conseguiram representar o que estavam faltando.

Ao concluir a mencionada atividade, procedeu-se com o início da **Atividade 08**, a qual envolveu o desenvolvimento do estado de atenção e do espírito competitivo no processo de aprendizagem das FOO, por meio de um jogo de tabuleiro e cartas elaborado pelo pesquisador com fins didáticos. Nesse contexto, os estudantes foram orientados a retomar a organização inicial em grupos, assim formaram 3 grupos com os estudantes presentes do 3º ano A: Grupo A1 (A17, A04 e A05), Grupo A2 (A19, A15 e A13) e Grupo A3 (A03, A11 e A33). Os estudantes do 3º ano B se organizaram, assim: Grupo B1 (B31, B04), Grupo B2 (B12, B18, B33, B16, B29 e B30), Grupo B3

(B11, B20, B13, B10, B03 e B07), Grupo B4 (B01, B21, B08, B27, B19 e B28) e Grupo B5 (B32, B23 e B34).

Para a execução dessa atividade, foram fornecidas a cada grupo as regras e os procedimentos do jogo, acompanhado de um tabuleiro, um envelope contendo as cartas correspondentes e um cubo, todos detalhados no Apêndice L.

O pesquisador realizou a leitura das regras e procedimentos, esclarecendo dúvidas relacionadas às jogadas. Para orientá-los de maneira mais eficaz, foram fornecidas instruções adicionais sobre o desenvolvimento das partidas e o posicionamento correto das cartas, de acordo com as informações sobre as FOO, apresentando-se o gabarito na tela para consulta.

Nos três grupos do 3º ano A, a competição começou como uma atividade individual. No entanto, ao longo do jogo, foi observado que os colegas passaram a colaborar mutuamente no posicionamento das cartas, transformando essa competição em um esforço coletivo. Contudo, a ordem de jogada individual foi mantida, garantindo que cada participante tivesse sua vez de jogar. É importante ressaltar que o estado de alerta em relação às jogadas, em específico a retirada e devolução das cartas, foi mantido durante o jogo, essas afirmações foram declaradas pelos grupos ao serem questionados oralmente como estavam acontecendo as jogadas.

A seguir, apresenta-se um registro do tabuleiro preenchido por um dos grupos do 3º ano A, conforme ilustrado na Figura 48.

Figura 48 - Tabuleiro completo de um dos três grupos do 3º ano A

JOGO DE TABULEIRO DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS

Nome da função	Grupo funcional	Característica	Exemplo	Modelo espacial	Fórmula geral
Éter		(um átomo de oxigênio entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)	 (éter dimetilico)		$R-O-R'$
Cetona		(carbonila entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)	 (Propanona)		$R-C-R'$ $\parallel$ $O$
Álcool		(hidroxila ligado a um átomo de carbono saturado)	 (etanol)		$R-OH$
Ácido carboxílico		(carboxila ligada a um grupo orgânico ou a um átomo de hidrogênio)	 (Ácido etanoico)		$R-C(=O)OH$
Aldeído		(carbonila na extremidade da cadeia carbônica)	 (etanal)		$R-C(=O)H$
Fenol		(hidroxila ligado a um anel aromático)	 (2-metilfenol)		$Ar-OH$
Enol		(hidroxila ligado a um átomo de carbono insaturado)	 (etenol)		$R-C(OH)=C$
Éster		(troca do hidrogênio presente no grupo funcional carboxila dos ácidos carboxílicos por um grupo orgânico)	 (Etenoato de etila)		$R-C(=O)O-R'$

Legenda:  $R$  e  $R'$  (representam grupos de radicais iguais ou diferentes),  $Ar$  (representa um grupo arila, anel benzênico).

Fonte: O autor (2024).

À análise deste resultado, observa-se que as cartas referentes aos modelos espaciais das moléculas de etenol (função enol) e éter dimetilico (função éter) foram posicionadas erroneamente, ou seja, suas posições foram trocadas. Possivelmente, houve falta de atenção às fórmulas estruturais desses compostos posicionadas corretamente à esquerda, e das fórmulas gerais das FOO, também disposta correta a direita.

No caso do 3º ano B, os estudantes demonstraram um espírito competitivo e estado atento durante a atividade lúdica, isso ao analisar as interações entre os integrantes dos grupos, por meio das filmagens. Esse último comportamento foi claramente evidenciado nas respostas à Questão 2 do Protocolo 03 (Apêndice M), respondido individualmente por todos os estudantes ao término do jogo didático.

A análise das respostas à Questão (B21, B27, B01, B31, B25, B16, B33, B30, B29, B04, B28, B08, B19, B20, B03 e B07) revela que a maioria dos estudantes demonstrava atenção às cartas retiradas pelos colegas, mesmo quando não eram de sua propriedade, seguindo as regras do jogo. Além disso, ressaltaram a prática de memorizar as posições das cartas devolvidas para recuperá-las estrategicamente durante sua vez de jogar. Nesse contexto, destaca-se a resposta de B13, conforme ilustrado na Figura 49.

Figura 49 - Resposta do B13 à Questão 2 do Protocolo 03

2. Quais estratégias específicas que você utilizou na escolha das cartas e no posicionamento delas no tabuleiro?

As olhas para as cartas e quando meus colegas pegava eu observo onde que eles posicionava cada uma delas para na minha vez eu poder pegar a minha carta

Fonte: O autor (2024).

À medida que os estudantes preenchiam corretamente as colunas com as cartas correspondentes às informações do cabeçalho do tabuleiro, eram considerados vencedores. Esse processo continuava até que o tabuleiro fosse completamente preenchido, como exemplificado na Figura 50, que representa um dos cinco tabuleiros dos grupos do 3º ano B.

Figura 50 - Tabuleiro completo de um dos cinco grupos do 3º ano B

**JOGO DE TABULEIRO DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS**

Nome da função orgânica	Grupo funcional	Característica	Exemplo	Modelo espacial	Fórmula geral
Álcool		(hidroxila ligado a um átomo de carbono saturado)			$R-OH$
Enol		(hidroxila ligado a um átomo de carbono insaturado)			$R=C-OH$
Fenol		(hidroxila ligado a um anel aromático)			$Ar-OH$
Éter		(um átomo de oxigênio entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)			$R-O-R'$
Aldeído		(carbonila na extremidade da cadeia carbônica)			$R-C(=O)H$
Cetona		(carbonila entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)			$R-C(=O)-R'$
Ácido carboxílico		(carboxila ligada a um grupo orgânico ou a um átomo de hidrogênio)			$R-C(=O)OH$
Éster		(troca do hidrogênio presente no grupo funcional carboxila dos ácidos carboxílicos por um grupo orgânico)			$R-C(=O)O-R'$

Legenda: R e R' (representam grupos de radicais alquila iguais ou diferentes); Ar (representa um anel benzênico).

Fonte: O autor (2024).

No que diz respeito às respostas à Questão 1 do Protocolo 03, foi solicitado que os participantes indicassem como aplicaram os conhecimentos sobre as FOO. A maioria afirmou ter utilizado esses conhecimentos para posicionar as cartas, estabelecendo relações entre as características presentes nelas, tais como os elementos químicos representados tanto por símbolos (C, H e O) quanto por esferas (preto, branco, vermelho), conforme apresentado nos modelos espaciais.

Em relação à Questão 3, os estudantes foram solicitados a realizar uma autoavaliação de seu desempenho no jogo e a refletir sobre o que fariam de maneira diferente, caso tivessem outra oportunidade de jogar. Em relação a isso, a maioria indicou ter alcançado um desempenho satisfatório. No que diz respeito às melhorias sugeridas, destaca-se a expressão "prestar mais atenção" nas cartas como uma área de foco destacada pelos participantes.

O questionamento 4 tem como objetivo obter feedback sobre as regras e procedimentos do jogo. Em relação a isso, dos estudantes que responderam ao protocolo, 9 afirmaram ter compreendido totalmente, uma quantidade equivalente indicou compreensão parcial, enquanto 4 mencionaram que o conhecimento foi limitado. Nesse contexto, destacou-se a necessidade de fornecer informações adicionais, as quais foram obtidas verbalmente. Isso aponta para a importância de uma revisão nas regras e procedimentos antes de sua aplicação em outras turmas.

Ao finalizar essa atividade, os estudantes perguntaram se havia mais alguma atividade outro dia. Então, foram informados de que teríamos mais duas atividades, uma a ser desenvolvida no laboratório de informática e a última, na sala de aula.

#### **5.4 Quarto momento (Sessão IV)**

Esse momento aconteceu no dia 30 de outubro de 2023, uma segunda-feira, e envolveu a participação de 16 estudantes da turma do 3º ano A durante o segundo e terceiro períodos de aula. Já com a turma do 3º ano B, aconteceu em 08 de novembro, uma quarta-feira, durante os mesmos períodos de aula, cedidos pela professora de Biologia, e envolveram 21 estudantes, assim, totalizando 37 estudantes. Nesses dias e períodos foram desenvolvidas as Atividades 09 e 10.

A **Atividade 09** teve como objetivo revisar os conceitos-chave relacionados às FOO por meio de um jogo didático on-line. Utilizando recursos de multimídia, o jogo

visou estimular rápidas respostas e precisas aos estímulos, permitindo a avaliação do processo por meio de pontuação e *feedback* personalizado, proporcionando uma abordagem mais interativa e aprimoramento dos conceitos abordados.

Diante disso, nesses dias, os estudantes foram inicialmente convidados a dirigirem-se ao laboratório de informática, equipado com 24 computadores em pleno funcionamento e acesso à internet, conforme ilustrado na Figura 50. O propósito desse deslocamento foi a participação em um jogo didático on-line, apresentado na forma de um questionário desenvolvido pelo pesquisador na plataforma *Wordwall*.

As questões apresentadas consistem em uma informação, seguida pela representação estrutural da molécula do composto em análise e pelas opções de resposta, conforme evidenciado na Figura 51. Adicionalmente, tais questões tiveram como objetivo a exploração dos conhecimentos relacionados à identificação de FOO em representações estruturais, compreensão do conceito de grupo funcional, propriedades do C, representação da fórmula molecular e a compreensão das FO.

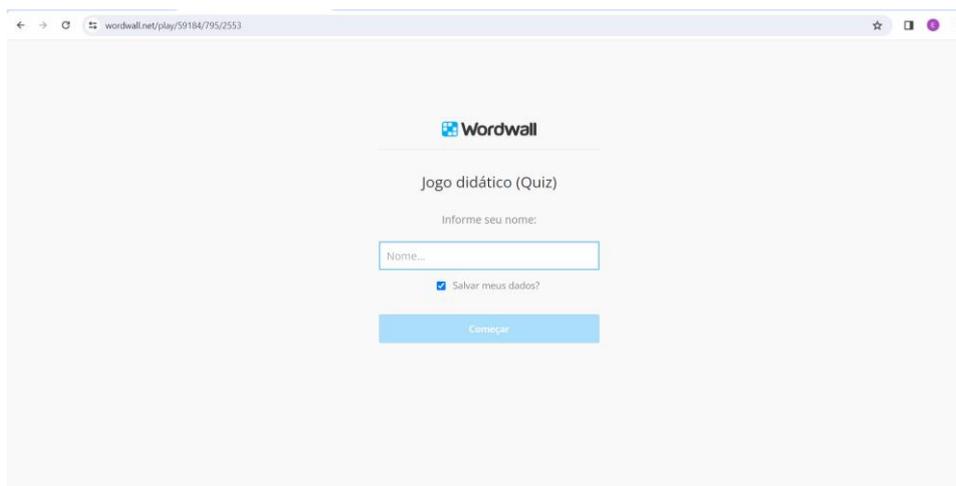
Figura 51 – Organização dos computadores na sala de laboratório do CETII



Fonte: O autor (2024).

Os estudantes, cada um na posse de um computador já ligado e à tela inicial de acesso aberta, como ilustra a Figura 52, foram orientados sobre a estrutura do jogo, composto por 11 perguntas com múltipla escolha de resposta. Essas deveriam ser respondidas dentro de um cronômetro regressivo de 30 minutos, com a possibilidade de 5 vidas. O sistema atribui um sinal positivo ( $\checkmark$ ) às respostas corretas e um sinal negativo ( $\times$ ) às incorretas. Cada resposta errada resulta na perda de uma vida, até que todas sejam usadas ou todas as questões respondidas.

Figura 52 - Tela inicial de acesso ao jogo didático



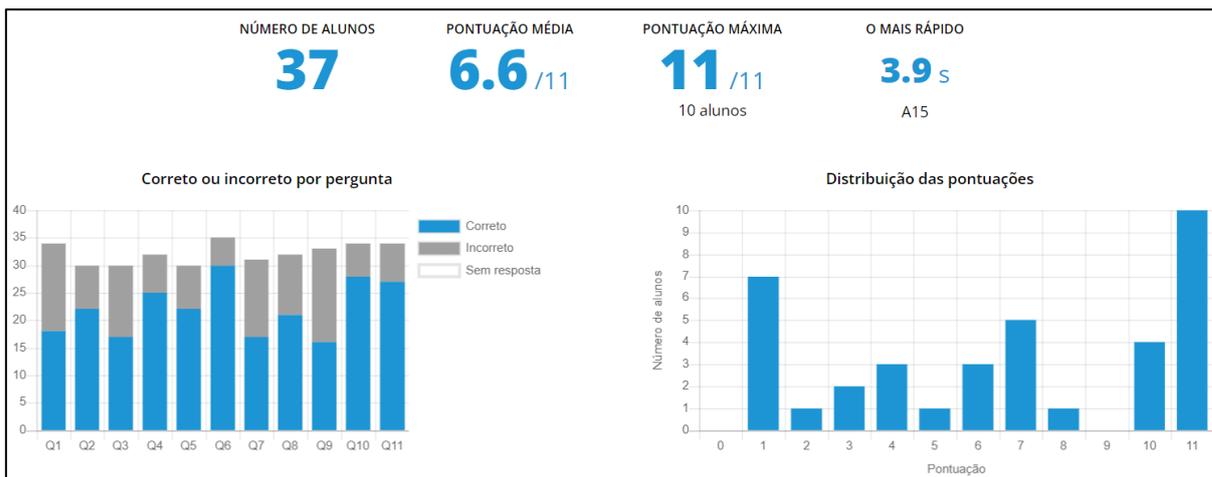
Fonte: O autor (2024).

Após receberem as instruções, os estudantes foram orientados a inserir seus códigos de identificação para iniciar o jogo, seguiram prontamente essa orientação. Ao finalizar, uma tela exibiu não apenas a pontuação alcançada e o tempo utilizado para conclusão, mas também ofereceu a opção de iniciar novamente o jogo. Assim, deram início a novas rodadas. O tempo total dedicado a essa atividade foi de uma aula, correspondente a 50 minutos.

Ao questioná-los oralmente sobre suas impressões do jogo, demonstraram interesse nessa abordagem para aprender sobre as FOO. Adicionalmente, expressaram o desejo de no futuro participar de mais atividades semelhantes. No entanto, cabe salientar que alguns estudantes enfrentaram dificuldades pontuais em responder às questões devido à falta de habilidades suficientes no uso de computadores.

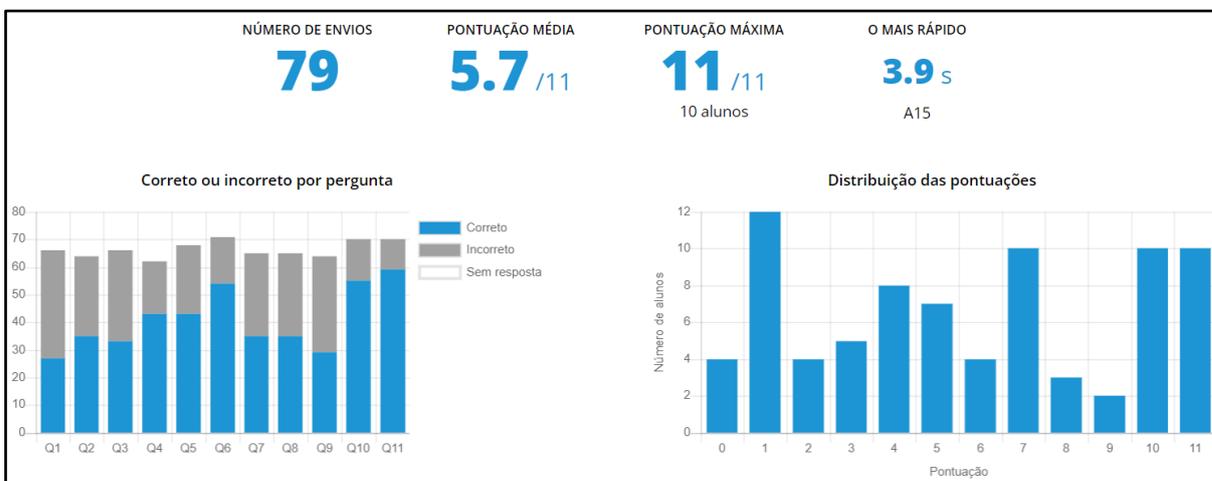
Diante do mencionado, os dados oriundos dos resultados dos estudantes foram organizados, conforme demonstram os Gráficos 22, 23 e Quadro 13.

Gráfico 22 - Resumo dos resultados dos estudantes no jogo



Fonte: O autor (2024).

Gráfico 23 - Resultado de todos os envios pelos estudantes



Fonte: O autor (2024).

Quadro 13 - Resultado por estudante

	Estudante	Enviado	Correto	Incorreto	Tempo
1	A01	14:46 - 30 out 2023	7	4	15:42
2	A03	14:47 - 30 out 2023	11	0	13:11
3	A04	14:48 - 30 out 2023	10	1	3:02
4	A05	14:46 - 30 out 2023	5	5	16:15
5	A09	14:48 - 30 out 2023	11	0	12:44
6	A11	14:42 - 30 out 2023	11	0	2:14
7	A12	14:42 - 30 out 2023	11	0	1:37

8	A13	14:49 - 30 out 2023	8	3	2:41
9	A14	14:47 - 30 out 2023	11	0	10:26
10	A15	14:47 - 30 out 2023	11	0	43.0
11	A16	14:49 - 30 out 2023	11	0	1:50
12	A17	14:47 - 30 out 2023	11	0	16:51
13	A19	14:46 - 30 out 2023	11	0	1:47
14	A27	14:35 - 30 out 2023	7	4	4:26
15	A30	14:47 - 30 out 2023	11	0	2:11
16	A33	14:49 - 30 out 2023	10	1	3:11
17	B01	14:15 - 8 nov 2023	7	4	4:12
18	B02	14:08 - 8 nov 2023	10	1	9:00
19	B03	14:17 - 8 nov 2023	1	5	5:30
20	B05	14:15 - 8 nov 2023	1	5	5:07
21	B06	14:18 - 8 nov 2023	1	5	4:09
22	B07	14:10 - 8 nov 2023	1	5	3:21
23	B09	14:19 - 8 nov 2023	1	5	8:28
24	B11	14:12 - 8 nov 2023	7	4	2:26
25	B12	14:09 - 8 nov 2023	1	5	3:59
26	B15	14:04 - 8 nov 2023	2	5	6:15
27	B19	14:19 - 8 nov 2023	1	5	8:16
28	B20	14:10 - 8 nov 2023	4	5	3:40
29	B21	14:10 - 8 nov 2023	6	5	8:36
30	B23	14:08 - 8 nov 2023	4	5	8:11
31	B25	14:18 - 8 nov 2023	6	5	3:12
32	B26	14:09 - 8 nov 2023	7	4	10:06
33	B28	14:22 - 8 nov 2023	6	5	1:25
34	B31	14:18 - 8 nov 2023	3	5	1:43
35	B32	14:09 - 8 nov 2023	10	1	9:55
36	B33	14:09 - 8 nov 2023	4	5	5:44
37	b34	14:14 - 8 nov 2023	3	5	5:18

Fonte: O autor (2024).

A análise individual dos resultados por estudante revela variações significativas, destacando-se a eficácia de alguns participantes que obtiveram pontuações máximas,

enquanto outros apresentaram desafios em alcançar respostas corretas. Além disso, a observação do tempo investido pelos estudantes revela uma diversidade de abordagens, evidenciando diferentes níveis de engajamento e estratégias de resolução.

Esses dados fornecem *insights* valiosos para compreender não apenas o domínio dos conceitos, mas também o envolvimento e a abordagem cognitiva dos estudantes durante o jogo.

Considerando tais informações, é possível direcionar esforços para aprimorar a eficácia do jogo didático, personalizando estratégias de aprendizagem e fornecendo suporte adicional aos estudantes que enfrentaram desafios específicos.

Esta análise aprofundada contribui não apenas para a avaliação do jogo em si, mas também para o desenvolvimento contínuo de metodologias educacionais mais eficazes, bem como para o estudo do emprego da atenção seletiva dos estudantes durante o processo de aprendizagem das FOO.

Nesse sentido, é imperativo realizar estudos exclusivamente focados nesse objetivo, lançando mão de uma análise mais aprofundada sobre os elementos oferecidos por esse recurso lúdico e didático. Isso envolve uma investigação mais detalhada sobre o tempo de reação, resultados individualizados e coletivos, possibilitando análises mais abrangentes.

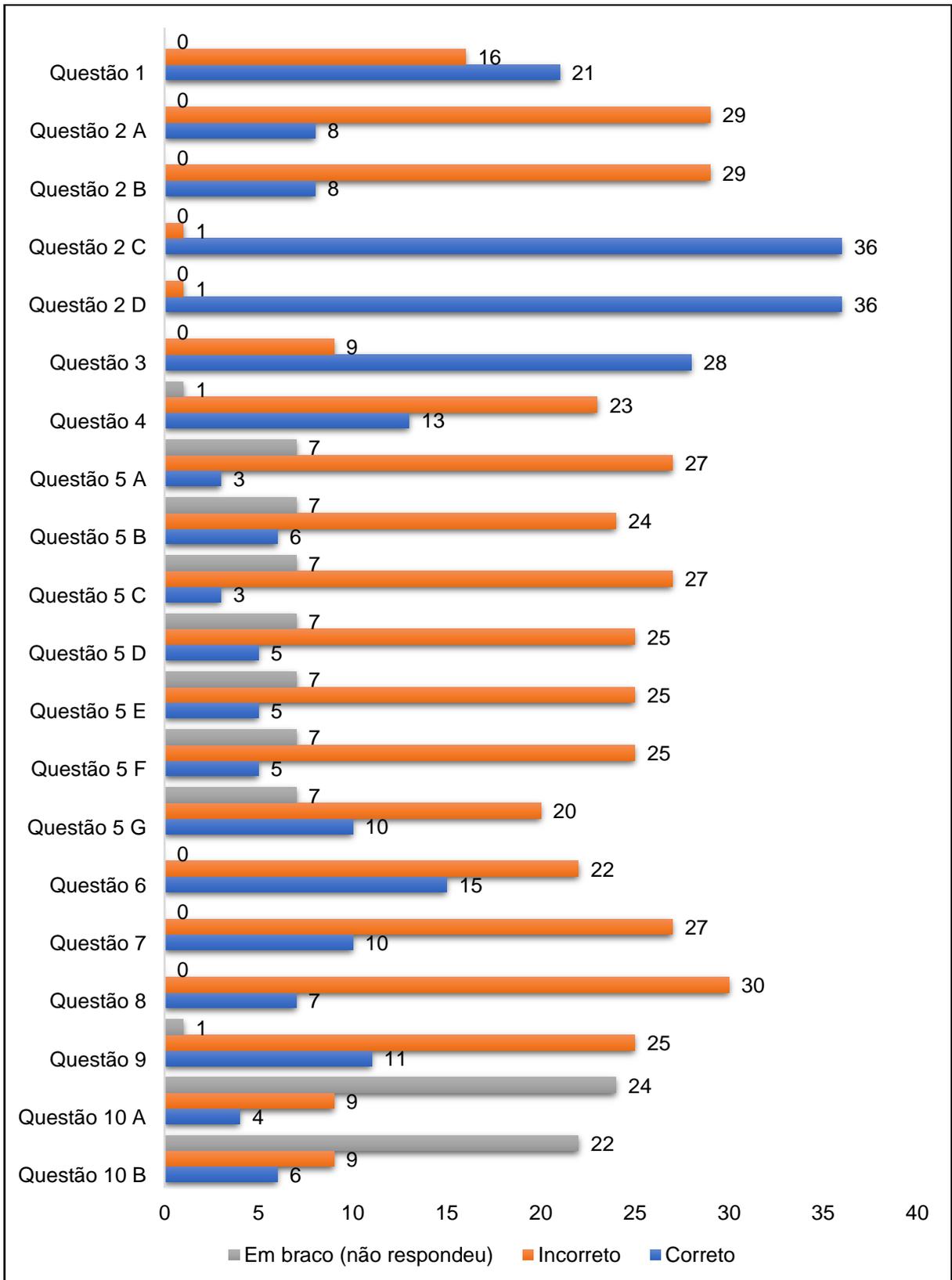
Após concluírem a atividade mencionada, os estudantes foram conduzidos de volta à sala de aula para realizar a última atividade da SD, denominada **Atividade 10**. O propósito dessa atividade consistiu em avaliar os impactos da intervenção didática, mediante as respostas dos estudantes ao TE5, conforme detalhado no Apêndice N, composto por 10 questões, entre objetivas e subjetivas. Assim, dispuseram de uma aula para a conclusão dessa etapa.

Para o referido teste, não se permitiu consultar qualquer material de apoio. Ao responder à Questão 2, alguns estudantes ficaram indecisos quanto à forma de responder, uma vez que o comando solicitava uma relação, contudo, não especificava exatamente como. Sendo assim, instruiu-se que estabelecessem conexões por meio de linhas ou que associassem diretamente as letras correspondentes às funções nas imagens fornecidas. Outra dúvida surgiu em relação à imagem de um frasco, nesse caso, foi esclarecido que se tratava de vinagre.

Quanto às Questões 5 e 10, muitos estudantes questionaram se poderiam deixá-las em branco. Diante disso, foram orientados a responderem com base no conhecimento que possuíam sobre o perguntado, incentivando que de alguma forma respondessem. Alguns tentaram responder, mas não obtiveram sucesso, justificaram não se recordar de como resolve. Em meio às dificuldades, um aluno expressou exaustão ao analisar questões, fazendo referência à realização da prova do ENEM.

Alguns estudantes relataram que não conseguiram acompanhar todas as aulas em que foram abordados os estudos sobre as FOO, alegando falta de tempo para revisão. Portanto, foi nesse contexto em que o TE5 foi aplicado. Outro fator que pode ter interferido nos resultados apresentados no Gráfico 22 diz respeito ao fato de a maioria dos estudantes já estarem aprovados.

Gráfico 24 - Consolidado das respostas ao TE5



Fonte: O autor (2024).

Percebe-se que, no que diz respeito ao reconhecimento de FOO em imagens, as funções cetona e álcool destacam-se como as mais facilmente associadas pelos estudantes. No caso da Questão 3, houve sucesso na identificação do modelo espacial da molécula do acetato de etila, e isso é presumivelmente atribuído à presença da fórmula molecular no enunciado da Questão. Entretanto, no que se refere às definições de funções e grupos, os desempenhos não foram satisfatórios, assim como na nomenclatura e representação da fórmula estrutural.

### **Considerações Parciais**

Construída na fase de concepção e análise *a priori* da EDC, de acordo com Artigue (1996), a SD foi aplicada na fase de experimentação como uma oportunidade concreta de vivenciar o planejamento elaborado previamente. Além disso, essa fase se revelou crucial para a coleta de dados essenciais à pesquisa.

Cabe resgatar que o objetivo desta pesquisa foi analisar uma SD considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva durante o processo de aprendizagem da noção de FOO indicadas para estudantes do 3º ano do EM de uma escola pública da cidade de Aporá.

Sendo assim, essa fase desempenhou um papel fundamental no avanço da pesquisa, oferecendo uma compreensão mais profunda e prática do impacto da SD no processo de aprendizagem, além de suporte para análise na próxima fase da EDC.

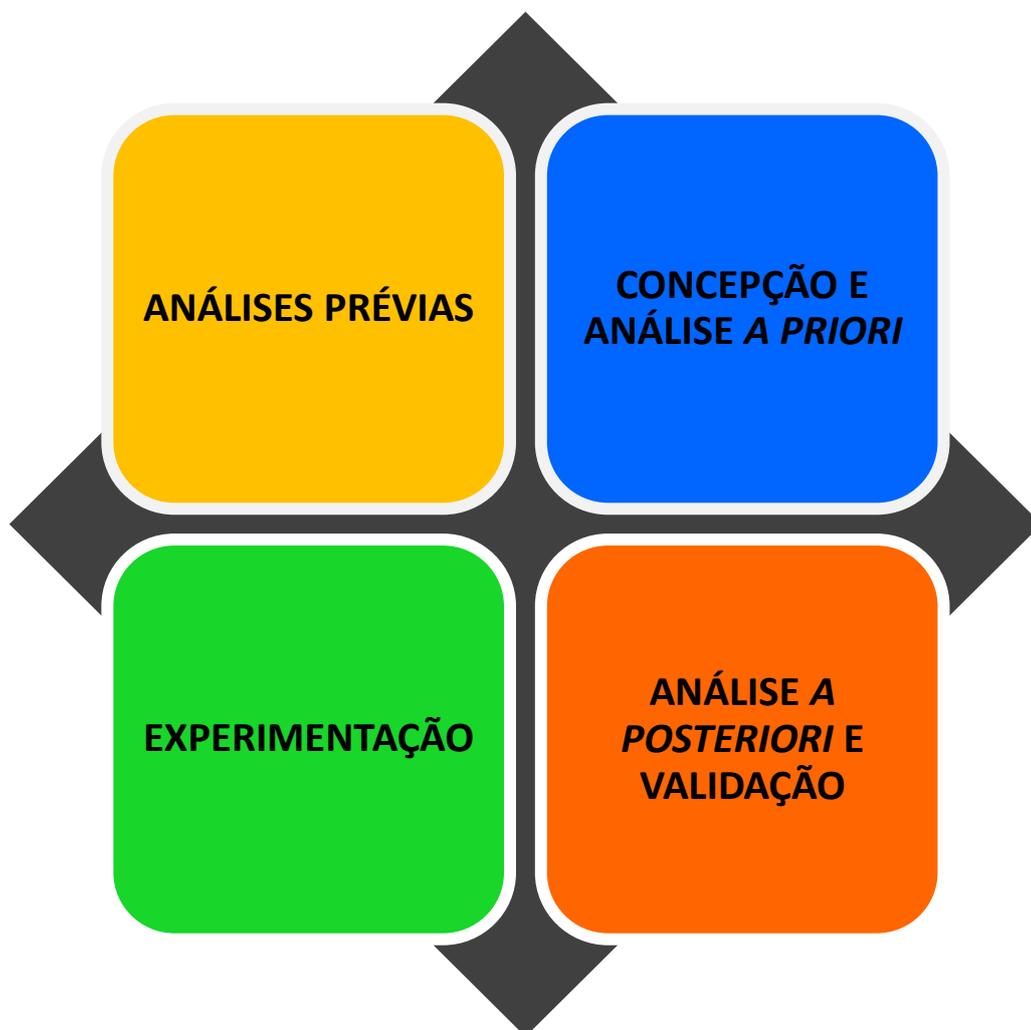
Nesse sentido, observou-se que alguns estudantes já detinham conhecimentos relacionados às FOO, ou seja, apresentavam NT, conforme a categorização do conhecimento de Robert (1998), como as propriedades do C, cadeias carbônicas, compreendem as FO como uma classe de compostos, contudo, ainda não tinham estudos sobre as FOO, apenas casos específicos.

Tratando-se de ensino, observa-se o designo de diversos recursos didáticos genéricos para o Ensino de Química, prezando pelos indicados nos PCNEM, DCNEM, BNCC e no DCRB, além dos afirmados em pesquisas que consideram como um facilitador e potencializador das aprendizagens, tais como as pesquisas de Silva (2018) e Menezes (2022), isso quer dizer que não se limita ao livro didático, inclusive, esse é utilizado por meio de rede social, uma estratégia que facilita o acesso a atividades e exercícios.

A SD contemplou um conjunto de situações didáticas, das quais, a primeira é tida como uma situação adidática, que aparentemente não apresenta intencionalidade de ensinar às FOO, conforme prega Brousseau na TSD. Assim, foram utilizados recursos didáticos genéricos, como vídeos, imagens, slides, matérias manipuláveis, jogos, esquemas e representações para explorar o estudo das FOO sobre diferentes contextos de forma individual e coletiva como formas de estimular a percepção visual e desenvolver estado atencional dos estudantes acerca da organização dos diferentes grupos de átomos que caracterizam as FOO.

Ao analisar os relatos dos estudantes, é possível afirmar que houve interesse por esses tipos de abordagens, visto que foi solicitado que tivessem mais atividades dessa natureza, ao mesmo tempo pontuaram dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de química, considerando-os difíceis, pois são muitas as funções com características específicas. Sobre isso, cabe mencionar que as representações usadas como meio de tornar o conhecimento acessível ao mesmo tempo pode constituir em obstáculos, principalmente na abordagem levando à estagnação e limitando a aprendizagem.

Diante da experimentação, foi possível perceber que as situações didáticas criadas em torno da aprendizagem do conteúdo em questão em que foram utilizados recursos didáticos genéricos, de modo a perceber o processo atencional dos estudantes, apresentaram um potencial de desenvolver o foco atencional e seletivo daquilo que é relevante para ele(a) naquele momento, assim como o que é desinteressante.



## 6. ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO

### Considerações Iniciais

A última fase da EDC, conforme delineada por Artigue (1998), concentra-se na análise das informações provenientes da etapa experimental, com ênfase na mediação pedagógica de situações didáticas e adidáticas. Essa análise é conduzida com base no quadro teórico estabelecido, abarcando o confronto de hipóteses, o controle de variáveis microdidáticas e macrodidáticas, bem como a avaliação dos comportamentos e a consecução, ou não, dos objetivos vinculados às atividades.

Nesse contexto, essa fase envolve a aplicação de técnicas apropriadas no tratamento dos dados obtidos. A análise comparativa entre as abordagens *a priori* e *a posteriori* é então realizada, visando validar a hipótese inicialmente formulada no início do processo de engenharia. Essa fase crítica também oferece a oportunidade de refutar as hipóteses sobre as atividades, caso a comparação revele inconsistências ou desvios em relação às expectativas iniciais.

Nessa seção, apresentam-se as análises *a posteriori* dos resultados obtidos nos momentos I, II, III e IV da SD. Essa análise decorre dos recortes de registros dos testes e protocolos das atividades, resgatando considerações e os constructos teóricos da TIC, TSD, atenção seletiva, ensino habitual, obstáculos epistemológicos e didáticos, bem como os princípios da Neurociência aplicados em atividades de sala de aula, quando pertinente à análise diante dos objetivos, conforme especificados nos Quadros 9, 10, 11 e 12.

Em seguida, tem-se a subseção de validação, com o objetivo de confrontar as análises *a priori* e *a posteriori* sobre as dez atividades, levando em consideração a hipótese inicial, sinalizando positivamente para a validação, parcialmente e negativamente para a não validação. Por fim, em seção específica, são apresentadas as considerações finais acerca do objetivo e dos resultados desta pesquisa.

## 6.1 ANÁLISE A POSTERIORI

Aplicada durante o **primeiro momento (Sessão I)** da SD, a **primeira atividade** foi analisada conforme as respostas fornecidas no TE1. Ao examinar as respostas dos estudantes às perguntas de 1 a 5, verifica-se a presença do NT para o funcionamento do conhecimento sobre as propriedades do C, os diferentes tipos de ligações, as variedades de cadeias carbônicas, a nomenclatura de hidrocarbonetos e a compreensão da noção de FO, correspondente às questões 1 e 2, como mostra o Quadro 9.

Contudo, não apresenta NM nem ND, isso ao observar o elevado número de respostas incorretas às questões de 3 a 5, além das incompletas e sem resposta, como ilustram os Gráficos 3, 4 e 5. Apesar de as funções álcool e cetona serem as mais conhecidas dos estudantes, demonstraram pouca familiaridade com essas e as demais funções. Isso se deve à razão de desse assunto não ter sido estudado anteriormente.

Apenas a estudante B02 demonstrou a presença dos níveis NT, NM e ND, sendo atribuído ao empenho em se preparar para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Dessa forma, o teste atingiu seu objetivo de avaliar os conhecimentos prévios sobre as FOO.

Assim, nesta atividade, analisou-se o que preconiza o marcador CONS1. Considerando os documentos orientadores, observou-se que o ensino e aprendizagem de química nessas turmas contempla estratégias didático-pedagógicas diversificadas, bem como recursos pedagógicos, como é possível comprovar no Gráfico 7.

Essa abordagem está em consonância com as pesquisas de Lapa e Silva (2016), Soares (2016) e Zanqui *et al.* (2021), nas quais aplicam recursos diversos e entendem que esses facilitam a aprendizagem, despertam o interesse e geram engajamento dos estudantes.

Além disso, confirmou-se o OBD1 quanto à dificuldade em compreender conceitos básicos de FOO, como foi possível perceber tanto nas respostas ou ausências delas às questões, bem como as respostas à Questão 9.

Adicionalmente, é importante destacar que a dificuldade de concentração em sala de aula muitas vezes está intrinsecamente ligada aos distratores presentes no

ambiente, a exemplo do ruído gerado por colegas envolvidos em conversas paralelas, que pode significativamente interferir no funcionamento eficaz do sistema de atenção dos demais, conforme proposto por Posner, para quem o mecanismo de regulação da atenção *top-down* é essencial para filtrar estímulos irrelevantes e manter o foco na atividade em questão, assim afirma Matlin (2004).

A **segunda atividade** envolveu a apresentação de situações consideradas adidáticas, conforme Brousseau (2008), que aparentemente não estava vinculada à intencionalidade da aprendizagem das FOO. No entanto, ela despertou o interesse e a atenção da maioria dos estudantes, pois para o cérebro deles foram consideradas como relevantes. Para isso, baseando-se na teoria da TSD, foi proposta aos estudantes uma missão em grupo: identificar as FOO presentes nas situações apresentadas. Essa situação consistiu em uma ação que permitiu aos estudantes refletirem e discutirem as situações antes de tomar decisões.

Os registros no Protocolo 01 demonstram que os estudantes reconheceram as situações como parte do seu cotidiano, isso mostra uma superação dos OBD3 e OBD4, respectivamente, a falta de conexão com a vida cotidiana e exemplos de contextos relevantes sobre as FOO, conforme denunciado por Germano *et al.* (2010).

O vídeo é um recurso didático potencial e constitui um estímulo visual que foi utilizado para apresentar as situações adiadas que despertou o interesse e atenção seletiva a uma situação específica. A situação do perigo dos esmaltes foi a mais mencionada, por ser de uso comum das meninas, conforme evidenciado pelo Gráfico 11. Na sequência, foram citadas as situações de combate ao *Aedes Aegypti*, direção e álcool, e escova progressiva com formol.

Cabe salientar que as situações adidáticas permitiram aos estudantes desenvolver a habilidade (EM13CNT104) de “avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles [...]” (Brasil, 2018, p. 555).

Com essa, e as Atividades 05, 06, 08 e 09, que comungam do emprego de estímulos visuais, foi possível comprovar que os processos sensoriais e receptivos visuais, mas também auditivos, no caso dessa atividade, são de alguma maneira responsável pelo despertar do estado atencional, conforme afirma Leite (2010).

Nesse sentido, observa-se a aplicação de metodologia e estratégias didático-pedagógicas facilitadoras e potencializadoras de aprendizagem, conforme pregam as CONS1 e CONS2.

Conforme previsto, alguns estudantes se distraíram com conversas paralelas. Diante disso, tentou-se fazê-los retomar o estado atencional, lançando mão do PN1, pedindo que se concentrassem nas situações, pois, após as apresentações, tiveram o momento para discuti-las.

Nessa atividade, o PN5, conforme Bartoszeck (2013), inúmeras áreas do córtex cerebral são simultaneamente ativadas no transcurso de novas aprendizagens, a exemplo do córtex visual primário, em direção ao córtex frontal pelas vias ventral e dorsal que reconhecem e processam informações sobre objetos, cores, formas, localização, direção e movimentos dos objetos (Lent, 2010).

Tratando-se da análise da **terceira atividade**, objetivou conhecer os períodos históricos de desenvolvimento das FOO, os avanços e as dificuldades nesse processo de construção do conhecimento científico, que pode constituir barreiras. De acordo com Bachelard (1996), uma barreira constitui um OBE. Destaca-se o OBE6, que trata da limitação da Teoria da Força Vital em explicar as propriedades que caracterizam os compostos como orgânicos, e sua superação ocorre com a descoberta da síntese da ureia a partir do cianeto de amônio.

Foram explorados esses conhecimentos, abrangendo as propriedades, nomenclaturas, representações e aplicações das FOO por meio de material impresso colorido, de modo a contemplar a CONS6, que considera a abordagem do conteúdo em tela com perfil epistemológico, pois existem necessidades de construção do conhecimento científico, além da abordagem histórica considerada um recurso didático que pode contribuir para a superação do ensino tradicional e dos OBD1 e OBD2, que enfatiza a superação da dificuldade de compreender os conceitos fundamentais e abstração deles. Essa compreensão é fundamental ao desenvolvimento da habilidade “(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente” (Brasil, 2018b, p.557).

No **segundo momento (Sessão II)**, desenvolveu-se a **quarta atividade**, que consistiu no TE2 com o objetivo de avaliar o reconhecimento sobre as FOO. Esperava-

se que os estudantes demonstrassem os conhecimentos a respeito dos grupos funcionais, identificação, representação estrutural e nomenclatura de compostos orgânicos oxigenados.

Nesse sentido, das respostas às questões de 1 e 2, dos quarenta e três estudantes, apenas vinte responderam parcial e totalmente corretamente. Já nas questões de 3 a 6, respectivamente, treze, sete, nove e onze estudantes responderam parcial e totalmente corretamente. Sobre as respostas incorretas e questões não respondidas, somam-se, em cada Questão, respectivamente, vinte e três, vinte e três, trinta, trinta e seis, trinta e quatro e trinta e dois, logo, são valores expressivos.

Em se tratando das questões não respondidas, como mostram os Gráficos 12, 13, 14, 15, 16 e 17, esse comportamento havia sido previsto, como mostra no Quadro 9, contudo, foram orientados nas dúvidas e motivados a responder, além de ampliar o tempo de atividade. Nas questões de 7 a 10, observou-se comportamento semelhante aos citados, com dificuldades sobre nomenclatura e representação estrutural.

Nessa atividade, as questões inicialmente apresentam um contexto relacionado à vida do estudante, para depois solicitar que identifiquem as FOO presentes na estrutura de um composto representado, tendo em vista superar os OBD3 e OBD4 que fazem relações com as situações adidáticas apresentadas na Atividade 02, ou seja, faz conexão com o cotidiano e contextos relevantes, isso como meio de conduzir as aprendizagens.

Incentivou-se o acesso ao material impresso como meio de superar as dificuldades de demonstrar, identificar, classificar, representar e nomear os grupos de funções, conforme ressalta a CONS4.

Nesse contexto, um conjunto de características está envolvido, como traços (ligações) e símbolos (C, H e O) formando representações dos grupos funcionais e as FOO, que para essas informações serem processadas, áreas do córtex cerebral interagem inicialmente o sistema sensorial visual, o sistema cortical, o córtex visual e áreas posteriores em direção ao córtex pré-frontal (rede executiva) estão envolvidas simultaneamente, além de outras. Assim, percebe-se a consideração do PN5 aplicado em uma atividade de sala de aula.

No entanto, em se tratando de uma atividade impressa com questões de identificação, representação e escrita, que exige esforço cognitivo, além do fato de que essa não foi contabilizada para pontuação na disciplina de química, o cérebro

entendeu que não havia um sistema de recompensa capaz de despertar atenção da maioria dos estudantes para essa atividade (Gazzaniga; Heatherton; Halpern, 2018).

A **quinta atividade** visou estimular a percepção visual dos estudantes por meio da apresentação de imagens de produtos relacionados às FOO nas fórmulas estruturais que auxiliou na identificação dessas funções pelos estudantes, contribuindo para o entendimento mais efetivo e duradouro sobre o tema.

Nesse sentido, essa atividade contemplou o PN1, que considerava no processo de aprendizagem uma interligação entre memória e emoções, comungando com os PN4 e PN5, ao considerar que o cérebro é plástico e que áreas do córtex cerebral são simultaneamente ativadas, como mencionadas anteriormente.

De acordo com as respostas, somente com as imagens não foi suficiente para identificação, com exceção dos casos da imagem que mostra mãos removendo o esmalte de uma unha, assim relacionando a função cetona, e do éter dietílico que constava o nome na embalagem. Ao passo em que eram apresentadas as fórmulas moleculares e estruturais, afirmaram os estudantes A33 e A16, tornava-se fácil a identificação. Nesse sentido, a apresentação de novos estímulos (representação de moléculas e fórmula estrutural) e os questionamentos lançados foram fundamentais para identificação das FOO, como mostra o Gráfico 19 com resultados positivos.

Com esses estímulos, os estudantes buscaram a integração de características das funções presentes, principalmente nas fórmulas estruturais, conforme afirmam Treisman e Gelade (1980). Assim, foi empregada a atenção focalizada para a identificação das FOO representadas nas fórmulas estruturais das substâncias, sendo um conjunto de características processado serialmente.

A maioria dos estudantes consideraram a atividade interessante, justificando ser possível estabelecer relações entre substâncias do cotidiano e as FO. Alguns destacaram a eficácia da metodologia, especialmente o uso de imagens para tentar identificar as funções. No entanto, houve relatos de que, inicialmente, o conteúdo foi desafiador, mas gradualmente tornou-se compreensível.

Essa atividade foi de encontro com as considerações CONS1 a CONS4 (ver Quadro 4) que pontuaram abordagens metodológicas diversificadas, empregaram recursos tecnológicos, estratégias didático-pedagógicas, no intuito de apresentar meios para superação dos OBD1, OBD3 e OBD5, além de despertar um estado de

atenção aos detalhes, propondo uma prática investigativa, conforme preconizam os documentos norteadores, tais como PCNEM, PCNEM+ e BNCC.

Essa atividade, conforme a BNCC, para a habilidade (EM13CNT302), desenvolveu a capacidade de interpretar imagem, símbolos, códigos e esquemas, visto que, em grupos, os alunos, ao discutirem, conseguiram identificar as FOO.

A análise dessa atividade foi feita com garimpo no Protocolo 02, que questionou os estudantes se teriam estudado o material impresso, como foi orientado. De acordo com as respostas organizadas no Gráfico 21, 76,31% dos estudantes afirmaram não ter estudado o material, enquanto apenas 18,42 % disseram ter estudado, o restante estudou parcialmente. Esses dados podem constituir um dos elementos explicativos para o baixo desempenho dos estudantes na Atividade 04.

A **sexta atividade** analisou o comportamento atento e seletivo com a construção de modelos moleculares em 3D a partir das representações em 2D, identificando as FOO presentes e registrando os desafios e dificuldades nessa atividade. Organizados em grupos e de posse dos kits moleculares com todos os elementos que o compõem, de forma que pudessem desenvolver a atenção seletiva a partir da escolha das peças necessárias e ignorando aquelas desnecessárias, os modelos foram construídos.

Conforme Brousseau (2008), essa é a segunda fase das TSD, uma situação de formulação, na qual os estudantes discutiram um repertório de concepções sobre as representações das moléculas de 2D, principalmente sobre o número de C, H e O, na construção em 3D, essa é uma forma de superar as limitações representacionais pontuadas dos OBE7 e OBE8, respectivamente, dizem respeito à dificuldade de retratar as estruturas dos compostos orgânicos a partir de resultados empíricos sobre os elétrons dos átomos, assim como a representação de compostos orgânicos com a mesma composição química, mas propriedades diferentes. Nesse intento, a superação se deu com o desenvolvimento da teoria estrutural, descoberta do C de formar cadeiras carbônicas e explicação de compostos isômeros, conforme apresentam as Figuras 41, 42, 43, 44, 45, 46 e 47. O Grupo B2 construiu apenas três modelos, dos quais o primeiro está correto (Figura 47). Os demais grupos construíram corretamente todas as cinco estruturas.

Nesse contexto, os estudantes pontuaram as dificuldades ao identificarem a quantidade de C e H, visto que estavam ocultos nas estruturas e como fazer as

ligações duplas, pois estavam com receio de quebrar as hastes, contudo isso foi esclarecido e deixou de ser uma dificuldade.

Essa atividade manipulativa despertou o interesse dos estudantes ao realizá-la, estimulou o engajamento nos grupos e desenvolvimento motor dos estudantes, atentando-se às considerações CNS1, CNS2, CNS5 e CNS7, ressaltando a dois e cinco, pelo fato de elas considerarem que esse recurso foi utilizado como estratégia didática para facilitação e potencialização da aprendizagem, e se desviar da ocupação de simples representação, assim como fez Zanqui *et al.* (2021), Silva (2018) e Menezes (2022) em suas pesquisas.

Esse recurso didático apresentou potencial na mobilização de regiões do córtex parietal, que desempenham um papel fundamental nesse tipo de atividade com funções sensoriais e cognitivas, incluindo a percepção e orientação espacial.

Em específico, áreas como o giro angular e o sulco intraparietal desempenham papel crucial na integração de informações visuais, táteis e proprioceptivas para criar uma representação coerente do espaço ao redor e orientar ações motoras em relação aos objetos e à construção das estruturas a partir da planificação, com efeito os princípios PN2, PN3, PN5 e PN7, consultar Quadro 5.

Com essa atividade prática de formulação, criou-se a possibilidade de associação de experiências prévias e atuais. Nesse sentido, modificações fisiológicas e estruturais se deram no cérebro, conforme afirma Lent (2010). Essas modificações são resultadas do processo de comunicação dos neurônios pela fenda sináptica por neurotransmissores. Então, com essa experiência de manipulação das peças do kit moléculas, alguns ajustes neuro cognitivos foram realizados no sentido de adaptar as experiências com esse tipo de atividade para com a atual.

O **terceiro momento (Sessão III)** contou com a **sétima atividade**, esperou-se que os estudantes fizessem um resgate das aprendizagens desenvolvidas nas atividades anteriores com o objetivo de perceber elementos ausentes nas estruturas incompletas. Essa foi uma estratégia metodológica, conforme aponta a CONS1, encontrada para tentar superar a dificuldade de representação de estruturas, conforme sinalizado no OBE7. Além de diversificar a abordagem, esse tipo de atividade permitiu que o estudante, individualmente, fizesse buscas de elementos ausentes de modo que representassem corretamente os grupos funcionais, percebendo a presença das FOO.

Assim, percebe-se a presença de princípios da TIC (Treisman; Gelade, 1980), pois nas buscas os estágios pré-atentivos, que empregam a atenção distribuída em todas as representações estruturais de modo a perceber as ausências de alguns elementos, e o estágio atento, que exige mais esforço cognitivo, a atenção foi focalizada, pois as características dos elementos presentes precisam ser processadas um por vez para chegar ao entendimento de qual elemento está faltando para completar a representação de forma correta.

Assim, fundamentadas tanto na atenção seletiva com o desenvolvimento da atenção focalizada, como na TIC na busca por característica em um campo de estímulos ausentes, referindo-se assim aos marcadores, PN4, PN5 e PN6, sinalizados na análise *a priori*, foram analisadas as respostas do TE4.

Nesse sentido, observou-se que, no item A), mais da metade dos estudantes demonstraram compreensão da ausência da estrutura do anel de benzeno. Apesar das dificuldades enfrentadas por alguns na elaboração gráfica dessa estrutura, as ilustrações foram consideradas válidas.

Quanto aos desempenhos no item B), os estudantes se destacam, sendo considerados satisfatórios por demonstrarem os conhecimentos das ligações duplas e o emprego dos símbolos, especialmente para aqueles que enfrentaram dificuldades no item anterior. Observou-se que alguns estudantes negligenciaram a ligação do anel benzênico com o grupo hidroxila, indicando uma falta de atenção a todos os elementos que compõem a estrutura.

Nos itens D), E), F) e G), os estudantes conseguiram manter um desempenho satisfatório, respondendo corretamente a mais da metade das questões relacionadas às ligações químicas e a representação dos elementos ausentes. Embora a maioria tenha demonstrado competência, observou-se que uma pequena minoria enfrentou desafios específicos, notadamente na representação do elemento H no item D), bem como na identificação da ausência dos elementos C nos itens E) e G). Essas dificuldades pontuais podem indicar a necessidade de uma abordagem mais aprofundada nessas áreas durante o processo de ensino, visando aprimorar o entendimento dos alunos.

Assim como na atividade anterior, com a **oitava atividade**, esperou-se que os estudantes desenvolvessem o estado atento e espírito competitivo no processo de aprendizagem das FOO a partir de um jogo de tabuleiro. De acordo como as respostas

ao Protocolo 03, destaca-se a mostrada na Figura 48, em que o estudante expressa ter desenvolvido estado atento e memorização das informações contidas nas cartas retiradas e devolvidas, além de sua localização. No entanto, nem todos estavam atentos às jogadas dos colegas, inclusive, em resposta à Questão 3, que busca saber o que faria de diferente se tivesse outra oportunidade de jogar, alguns disseram que prestariam mais atenção às jogadas, a maioria avaliou seus desempenhos como bom e afirmaram ter gostado do jogo.

Ao observar os comportamentos, foi notado o engajamento de todos os estudantes em uma atividade que exigiu o trabalho de memorização e emoção, além de um esforço cognitivo tanto em lembrar das cartas que já haviam sido retiradas como compreender e relacionar as informações contidas nas cartas, isso mostra o sinalizado nos princípios PN1, PN3, PN4, PN6 e PN7 para a atividade desenvolvida na sala de aula.

Como previsto, algumas regras do jogo não foram compreendidas, isso indica um sinal de alerta para melhorias das regras. Apensar disso, avaliaram o jogo como favorável à aprendizagem, tendo em vista superar o OBD5 a respeito da metodologia inadequada, apesar de não focarem no conteúdo, mas nas características como forma de identificar suas posições corretas. Esses *feedbacks* é um sinal de que o jogo precisa passar por ajustes, tanto nas regras como na organização do tabuleiro, de modo a explorar aspectos intrínsecos das FOO.

Nessa atividade, considerou-se o jogo como um recurso tecnológico potencializador do processo de aprendizagem, conforme pontuam os documentos orientadores quanto às metodologias e estratégias didático-pedagógicas, sinalizando na CONS1, e adoção de recursos didático tecnológicos para facilitar e potencializar a aprendizagem, assim pontuado na CONS2 e sobre as dificuldades de aprendizagem que estão relacionadas às escolhas didáticas, conforme menciona a CONS4.

No **quarto momento (Sessão IV)** desenvolveu-se a **Atividade 09**, que objetivou revisar o conteúdo em tela a partir de um jogo didático on-line no formato de questionário. Essa atividade se assemelha à situação de validação da TSD, como pontua Brousseau (2006), pois se esperava dos estudantes que demonstrassem o conhecimento construído no decorrer das atividades. Assim, esperou-se dos estudantes engajamento e resultados positivos em número de acerto e tempo

reduzido de reação, tendo em vista os critérios estabelecidos, como 5 vidas e o tempo máximo de 30 min.

Com essa atividade, a média de pontuação foi de 6,6/11 e um total de trinta e sete estudantes, sendo que dez atingiram a pontuação máxima, conforme está apresentado na Gráfico 22. Os desempenhos individuais revelam uma disparidade marcante, evidenciando a excelência de alguns participantes que alcançaram pontuação máxima, ao passo que outros apresentaram dificuldade na obtenção de respostas precisas. Adicionalmente, a análise do tempo de cada estudante revela uma ampla gama de abordagens, indicando distintos níveis de envolvimento e estratégias de resolução.

Empregou-se como recurso tecnológico a plataforma *Wordwall*, a mesma utilizada por Menezes (2022), em sua pesquisa, para elaborar e responder os questionários com uso de computadores do laboratório de informática, esse contexto havia sido considerado para essa atividade, conforme as considerações CONS1, CONS2, CONS4 e CONS6 já mencionadas, visto que atividade dessa natureza estimula áreas do córtex cerebral com estímulos e estilos diferenciados de situações didáticas que cada Questão contempla, abordadas anteriormente (PN2, PN5 e PN7).

Em se tratando das características das questões, que apresentam enunciado com bastantes informações, além de imagens para análise, percebe-se que a maioria dos estudantes não analisaram todas as informações das questões, afirma-se com base no tempo reduzido para responder às questões.

Nessa situação didática, o pesquisador deu as instruções de como a atividade deveria ser realizada, em seguida os estudantes agiram diante de um saber (FOO) sobre um meio tecnológico, além do meio do estudante. Essas situações, a cada modo, aconteceram nas atividades anteriores.

A **Atividade 10** consistiu em avaliar os efeitos da intervenção didática por meio de respostas dos estudantes ao TE5, que considerou a aprendizagem do conteúdo em questão, a metodologia utilizada e os recursos didáticos genéricos que foram utilizados, assim como o material impresso, além das considerações sobre o conjunto de questões se contribuíram ou não para sua aprendizagem.

Nessa, há o emprego de um sistema de representação simbólica dos átomos de elementos químicos, contemplando o OBE4, a representação de moléculas na forma de cadeias carbônicas, uma superação da dificuldade de retratar as estruturas

de compostos orgânicos (OBE7), além da forma molecular e estrutural, bem como a nomenclatura. Sendo assim, no TE5, exploraram-se diversas abordagens considerando o contexto dos estudantes, desse modo, superando o OBD3 que trata da falta de conexão do saber com a vida cotidiana, com exemplos e situações relevantes para a aprendizagem das FOO, assim mencionado no OBD4.

Ainda que os resultados não tenham sido dos melhores, é possível perceber que nas questões 1, 2 e 3 os resultados são satisfatórios, isso leva a crer que alguma aprendizagem aconteceu. Cabe ressaltar que um único teste não expressa a real aprendizagem dos estudantes sobre as FOO, pois se trata de um único momento, logo, é preciso levar em consideração as avaliações individuais das atividades anteriores.

Nesse contexto, é preciso um olhar para as adversidades, exemplificando que o número de participantes em todos os momentos foi de dezoito de um total de cinquenta e oito; já em apenas um momento, foi doze; dois momentos, oito; e de três momentos, vinte. Isso mostra que a participação não foi frequente.

Seguindo essa análise para validação da SD, a próxima subseção apresenta um confronto das análises *a priori* e análise *a posteriori*.

## 6.2 VALIDAÇÃO

Na EDC, o processo de validação, conforme Artigue (1998), resulta do confronto entre as análises *a priori* e análise *a posteriori*, considerando as hipóteses envolvidas. Essa fase é crucial para identificar as potencialidades e as fragilidades da SD, a fim de fornecer respostas para a questão de pesquisa e o objetivo proposto, além de apontar novos rumos para a investigação.

Mediante isso, nessa pesquisa, optou-se por considerar o modelo adotado nas pesquisas de Fonseca (2011), Silva (2018) e Menezes (2022), pois apresentam quadro sistematicamente estruturados das sessões de ensino, essa organização favorece a compreensão das análises das atividades ou tarefas. Essas pesquisas adotaram como metodologia de pesquisa, a EDC. De maneira análoga, seguem os Quadros 14, 15, 16 e 17 fazendo esse confronto de análises que tem como principal hipótese:

H - Com a compreensão de como ocorre o processamento cerebral da informação, será possível empregar estímulos em recursos didáticos genéricos de uma Sequência Didática capaz de mobilizar regiões do córtex cerebral responsáveis pela atenção seletiva, desenvolvendo o estado de atenção dos estudantes para a aprendizagem da noção de FOO.

A hipótese em questão não se aplica à Atividade 01, uma vez que seu propósito foi avaliar os conhecimentos prévios. Embora uma hipótese específica tenha sido prevista, esta está relacionada ao entendimento das FOO e o Ensino de Química, não mantendo, assim, uma relação direta com a hipótese desta investigação. Em termos de critérios de validação para cada atividade, diferenciando-se um pouco dos autores mencionados anteriormente, optou-se por adotar a validação **positiva, parcial e negativa**. Dessa forma, ao confrontar as análises, é possível inferir que a hipótese pode ter sido atingida integralmente, parcialmente ou não ter sido atingida.

Quadro 14 - Confronto das análises *a priori* e *a posteriori* do primeiro momento da SD

SESSÃO I				
Atividade/Objetivo	Excertos		Hipótese	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
<b>Atividade 01</b> - Avaliar os CONHECIMENTOS PRÉVIOS dos estudantes em relação ao conteúdo de FOO e compreender como o Ensino de Química está sendo abordado atualmente, além de saber sobre o uso de recursos didáticos genéricos.	Tendo em vista os níveis de dificuldades das questões, espera-se um melhor desempenho nas 1, 2, 3 e 4. Com relação às questões de 6 a 10, é esperado que sejam respondidas pelos estudantes.	Ao analisar as respostas das questões de 1 a 5, verifica-se a presença do NT para o funcionamento do conhecimento sobre a introdução a QO, no entanto, não apresenta NM nem ND. Atingiu-se o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios sobre as FOO e compreender sobre o Ensino de Química é conduzido com emprego de recursos didáticos genéricos.	Não se aplica	Positiva
<b>Atividade 02</b> - Proporcionar a aprendizagem das FOO a partir de uma SITUAÇÃO ADIDÁTICA	É provável que os estudantes não se atentem a todos os detalhes e informações apresentadas a respeito de cada situação, mas se espera que relacione os produtos citados as FOO, mesmo	Despertou-se o interesse e a atenção da maioria dos estudantes, direcionado o foco atencional às situações, principalmente aquelas relacionadas a situações de perigo, sendo as mais mencionadas. Conforme previsto, alguns estudantes se distraíram conversando ou com conversas paralelas. O resultado dessa atividade mostra que a relação	H	Positiva

	não sendo expressamente declarada a presença das funções.	esperada da situação ou produto com a FOO, nota-se que as funções álcool, cetona e aldeídos foram as mais citas nas respostas, talvez por serem as mais comuns em produtos que esse público utilizado no seu cotidiano. Contudo, há de considerar que a maioria dos estudantes disseram não terem estudado as FOO.		
<b>Atividade 03</b> - Aprender sobre o contexto histórico de surgimento da QO e CONHECER as principais FOO.	A partir da leitura do texto, espera-se que os estudantes compreendam as propriedades que caracterizam os compostos orgânicos e a importância desses, principalmente dos compostos oxigenados, no desenvolvimento de produtos desde a Pré-História até os dias atuais.	Explorou-se o primeiro material mediante a leitura e discussões pontuais de aspectos relevantes, destacando-se um quadro que apresenta as funções, o grupo funcional e as características da função orgânica. Quanto ao segundo material, foi distribuído a todos os estudantes para ser estudado em casa, visando prepará-los para a próxima atividade. No entanto, uma pequena parcela dos estudantes fez o estudo do material.	H	Parcial

Fonte: O autor (2024), inspirado em Fonseca (2011), Silva (2018) e Menezes (2022).

Quadro 15 - Confronto das análises *a priori* e *a posteriori* do segundo momento da SD

SESSÃO I				
Atividade/Objetivo	Excertos		Hipótese	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
<b>Atividade 04</b> - Avaliar o desempenho dos estudantes em atividade de RECONHECIMENTO das principais FOO.	Espera-se um bom desempenho na realização das questões, principalmente nas que requerem conhecimentos a respeito dos grupos funcionais que apresentam características muito semelhantes e com poucas diferenças acerca das ligações e posição do O.	Das respostas às questões de 1 e 2, dos 43 estudantes, observou-se que apenas 20 responderam parcial e totalmente corretas; nas questões de 3 a 6, foram respectivamente 13, 7, 9 e 11 responderam parcial e totalmente corretas. Sobre as respostas incorretas e questões não respondidas, soma-se, em cada questão, respectivamente, 23, 23, 30, 36, 34 e 32, logo, são valores expressivos. Em se tratando das questões não respondidas, o número foi expressivo, e esse	H	Parcial

		<p>comportamento havia sido previsto, como mostra o Quadro 9, contudo, foram orientados nas dúvidas e motivados a responderem, além de estender o tempo de atividade. Nas questões de 7 a 10, observa-se comportamento semelhante aos citados, dificuldades sobre nomenclatura e representação estrutural.</p>		
<p><b>Atividade 05 -</b> Verificar os efeitos da estimulação da PERCEPÇÃO VISUAL dos estudantes a partir de imagens de produtos relacionados com às FOO presentes nas fórmulas estruturais.</p>	<p>A estimulação da percepção visual dos estudantes por meio da apresentação de imagens de produtos relacionados às FOO nas fórmulas estruturais irá auxiliar na identificação dessas funções pelos estudantes, contribuindo para um entendimento mais efetivo e duradouro sobre o tema.</p>	<p>De acordo com as respostas, somente com as imagens não foi suficiente, com exceção dos casos da imagem que mostra as mãos e remoção o esmalte de uma unha relacionando a função cetona e do éter dietílico que constava o nome da embalagem. No passo em que eram apresentadas as fórmulas moleculares e estruturais, afirmam os estudantes A33 e A16, tornavam-se fácil a identificação. Nesse sentido, a apresentação de novos estímulos e os questionamentos lançados foram fundamentais para identificação das FOO. Percebe-se um bom desempenho na identificação das funções presentes, conforme mostra o Gráfico 19. Questionou-se aos estudantes se teriam estudado o material impresso, como foi orientado. De acordo com as respostas organizadas no Gráfico 21, 76,31% dos estudantes afirmam não ter estudado o material, enquanto apenas 18,42 % dizem ter estudado, o restante estudou parcialmente o material. Esses dados podem constituir em um dos elementos explicativos para o baixo desempenho dos estudantes na Atividade 04 e posterior.</p>	H	Positiva

<p><b>Atividade 06 -</b> Observar o COMPORTAMENTO ATENTIVO E SELETIVO dos estudantes na construção das moléculas de alguns dos compostos orgânicos trabalhados no TE2, de modo a observar a disposição das funções.</p>	<p>Considerando que os estudantes possuem diferentes níveis de habilidade e atenção, é possível presumir que alguns estudantes demonstrem um comportamento mais atento e seletivo na construção das moléculas, seguindo corretamente as instruções e considerando as propriedades e disposições das funções. Entretanto, é possível que alguns estudantes cometam erros comuns, como a disposição incorreta do(s) átomo(s) de O para a função em questão.</p>	<p>Os grupos se mantiveram atentos às informações, o que mostra os resultados dos modelos construídos, Figuras 40, 41, 42, 43, 44 e 45, com exceção do grupo B2 que construiu apenas três modelos, dos quais o primeiro está correto (Figura 46)</p>	<p>H</p>	<p>Positiva</p>
---	---	--	----------	-----------------

Fonte: O autor (2024), inspirado em Fonseca (2011), Silva (2018) e Menezes (2022).

Quadro 16 - Confronto das análises *a priori* e *a posteriori* do terceiro momento da SD

SESSÃO I				
Atividade/Objetivo	Excertos		Hipótese	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
<p><b>Atividade 07 -</b> Validar as aprendizagens que foram construídas nos primeiros e segundos momentos, aplicando os conhecimentos sobre o número e os tipos de ligações dos átomos de C, H e O na estrutura dos grupos funcionais, que estão ligados a um ou mais grupos de radicais.</p>	<p>Espera-se que os estudantes se recordem dos conceitos aprendidos nas atividades anteriores para representar corretamente os grupos funcionais, estabelecendo conexões entre a estrutura química e as reações químicas que ocorrem dentro desses compostos.</p>	<p>Foram analisadas as respostas do TE4, no item A), mais da metade dos estudantes demonstraram compreensão da ausência da estrutura do anel de benzeno; no item B), os estudantes se destacam, sendo considerados satisfatórios por demonstrarem os conhecimentos das ligações duplas e o emprego dos símbolos; Nos itens D), E), F) e G), os estudantes conseguiram manter um desempenho satisfatório, respondendo corretamente a mais da metade das questões relacionadas às ligações químicas e a representação dos elementos ausentes.</p>	<p>H</p>	<p>Positiva</p>

<p><b>Atividade 08 -</b> Desenvolver estado atento e espírito competitivo no processo de aprendizagem das FOO.</p>	<p>Inicialmente os estudantes devem encontrar dificuldades em se manter liderando o jogo, mas ao observar as jogadas dos colegas buscará estratégias para se manter no jogo que precisa de atenção e concentração.</p>	<p>Ao observar os comportamentos, percebeu-se o engajamento dos estudantes em uma atividade que exigiu o trabalho de memorização e emoção, além de um esforço cognitivo tanto em lembrar das cartas que já haviam sido retiradas como compreender e relacionar as informações contidas nas cartas. A análise das respostas à Questão 2 do Protocolo 03 (B21, B27, B01, B31, B25, B16, B33, B30, B29, B04, B28, B08, B19, B20, B03 e B07) revela que a maioria dos estudantes demonstrava atenção às cartas retiradas pelos colegas, mesmo quando não eram de sua propriedade, seguindo as regras do jogo. No entanto, nem todos estavam atentas às jogadas dos colegas. Nos três grupos do 3º ano A, a competição começou como uma atividade individual. No entanto, ao longo do jogo, foi observado que os colegas passaram a colaborar mutuamente no posicionamento das cartas, transformando essa competição em um esforço coletivo.</p>	<p>H</p>	<p>Positiva</p>
--	--	---	----------	-----------------

Fonte: O autor (2024), inspirado em Fonseca (2011), Silva (2018) e Menezes (2022).

Quadro 17 - Confronto das análises *a priori* e *a posteriori* do quarto momento da SD

SESSÃO I				
Atividade/Objetivo	Excertos		Hipótese	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
<p><b>Atividade 09 -</b> Revisar os conceitos-chave de Funções Orgânicas Oxigenadas por meio de um jogo didático on-line que utiliza recursos multimídia para estimular respostas rápidas e precisas aos estímulos,</p>	<p>Espera-se que os estudantes se engajem no jogo didático on-line e tenham bom desempenho, principalmente em relação ao tempo de reação e ao reconhecimento das FOO.</p>	<p>A média de pontuação foi de 6,6/11 e um total de 37 estudantes, sendo que 10 atingiram a pontuação máxima, conforme está apresentado na Gráfico 22. Os desempenhos individuais revelam</p>	<p>H</p>	<p>Parcial</p>

avaliando o processo e a compreensão por meio da pontuação e <i>feedback</i> personalizado.		uma disparidade marcante, evidenciando a excelência de alguns participantes que alcançaram pontuação máxima, ao passo que outros apresentaram dificuldade na obtenção de respostas precisas. Adicionalmente, a análise do tempo de cada estudante revela uma ampla gama de abordagens, indicando distintos níveis de envolvimento e estratégias de resolução.		
<b>Atividade 10 -</b> Avaliar os efeitos da intervenção didática por meio de respostas dos estudantes a um TE5 que considere a aprendizagem do conteúdo em questão, a metodologia utilizada e os recursos didáticos genéricos que foram utilizados, assim como o material impresso, além das considerações sobre os conjuntos de atividades se contribuíram ou não para sua aprendizagem.	Espera-se obter resultados melhores em comparação com o primeiro teste, considerado como um raio-X da aprendizagem diante das diversas atividades que serão desenvolvidas.	Ainda que os resultados não tenham sido os melhores, é possível perceber que em algumas questões como nas questões 1, 2 e 3 os resultados são satisfatórios, isso leva a crer que alguma aprendizagem aconteceu, mas que foi abaixo do esperado para essa atividade.	H	Negativo

Fonte: O autor (2024), inspirado em Fonseca (2011), Silva (2018) e Menezes (2022).

Os quadros de confrontos das análises *a priori* e *a posteriori* para cada atividade indicaram que nessas, foi exigido dos estudantes a expressão do conhecimento sobre as FOO de maneira escrita. Por exemplo, na leitura e resposta a questões nas Atividades 03, 04, 09 e 10, percebe-se uma falta de interesse por esse tipo de atividade.

No entanto, nas demais atividades com abordagens diversificadas, atentou-se às orientações dos documentos oficiais para nortear o ensino e apoiadas nas pesquisas sobre as FO desenvolvidas por Germano *et al.* (2010), Santos e Aquino (2011), Lapa e Silva (2016), Silva *et al.* (2017), Silva (2018), Sales *et al.* (2020), Zanqui *et al.* (2021), Félix e Lima (2021) e Menezes (2022), de modo a atender às perspectivas neurocognitivas dos cérebros desses estudantes, a ponto que fazê-los se concentrar e desenvolver a atenção seletiva na realização dessas atividades. Com isso, observou-se um notável interesse e motivação, sinalizando-os positivamente para a metodologia adotada.

Nesse contexto, com o propósito de validar a hipótese da pesquisa, os estímulos visuais incorporados nas atividades foram eficazes em suscitar a atenção seletiva dos estudantes durante a execução das tarefas.

Ao aprofundarmos a análise nos princípios da Neurociência, pode-se corroborar a intervenção de regiões distintas do córtex cerebral, notadamente o occipital e o parietal.

Essas áreas específicas são acionadas de maneira concomitante para sustentar a concentração e facilitar o processamento cognitivo das informações captadas pelos canais sensitivos. Essa resposta neurocognitiva reforça a contribuição positiva dos estímulos visuais na otimização da participação e envolvimento dos estudantes nas atividades propostas, além de estimular o sistema de rede da atenção, como alerta, orientação e execução, um modelo de atenção proposto por Posner.

### **Considerações Parciais**

Observa-se uma variação na participação dos estudantes ao longo das atividades, com alguns momentos registrando maior engajamento do que outros. Por exemplo, na primeira atividade, apenas um aluno demonstrou um alto nível de preparação devido ao seu interesse em se preparar para o ENEM. Isso sugere que o contexto e a relevância percebida das atividades podem influenciar diretamente o envolvimento dos estudantes.

As análises revelam que os estudantes enfrentaram dificuldades em áreas específicas, como nomenclatura e representação estrutural de compostos orgânicos. Essas lacunas no conhecimento podem ser atribuídas à falta de estudo prévio ou à

complexidade do conteúdo abordado. No entanto, é positivo observar que, em algumas atividades, os estudantes demonstraram compreensão satisfatória após a intervenção.

A utilização de recursos didáticos genéricos, como material impresso colorido, Jogos de Tabuleiro e atividades práticas com modelos moleculares, foi eficaz em despertar o interesse dos estudantes e facilitar a compreensão dos conceitos. No entanto, é importante ressaltar a necessidade de ajustes e melhorias contínuas, especialmente em relação à compreensão das regras dos jogos e à abordagem das dificuldades específicas dos estudantes.

A avaliação da aprendizagem ocorreu de maneira contínua ao longo das atividades, culminando em um teste final para verificar o conhecimento adquirido. Embora os resultados não tenham sido uniformemente positivos, é importante considerar o contexto e as dificuldades individuais dos estudantes ao interpretar esses resultados. Além disso, a análise *a posteriori* destaca a importância de avaliar não apenas o desempenho em um único teste, mas sim o progresso ao longo de todas as atividades.

O confronto das análises é realizado em quadros que evidenciam a relação entre as hipóteses estabelecidas e os resultados obtidos em cada atividade.

Os quadros de confronto revelam que, nas atividades que demandam maior empenho dos estudantes, como leitura e resposta a questões escritas, há uma falta de interesse evidente. No entanto, nas atividades com abordagens mais diversificadas em que foram apresentados estímulos visuais, observa-se um maior interesse e motivação por parte dos estudantes.

Ao validar a hipótese da pesquisa, constata-se que os estímulos visuais incorporados nas atividades foram eficazes em suscitar a atenção seletiva dos estudantes, corroborando com os princípios da Neurociência. A ativação de regiões específicas do córtex cerebral, como o occipital e parietal, durante a execução das atividades, demonstra o impacto positivo dos estímulos visuais na participação e envolvimento dos estudantes.

Essas considerações parciais apontam para a eficácia da metodologia adotada, ressaltando a importância de abordagens diversificadas preconizadas pelos documentos oficiais e o uso de estímulos visuais para promover a participação ativa dos estudantes nas atividades de aprendizagem das FOO.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino do conteúdo de FOO, conforme indicado por alguns autores citados, frequentemente esteve focado nas demonstrações técnicas das representações, denominações, classificações e identificações. Tais abordagens são desconectadas das situações reais do contexto dos estudantes, resultando em métodos desinteressantes e facilitadores do surgimento de dificuldades de aprendizagem relacionadas a esse conteúdo.

A falta de interesse e atenção por parte dos estudantes reflete-se nas dificuldades encontradas ao aprender esse conteúdo, levantando questionamentos sobre a relevância do aprendizado e sua aplicação prática. Essas preocupações motivaram a investigação de estratégias para estimular a atenção seletiva durante o processo de aprendizagem das FOO.

Diante disso, nesta investigação, o autor optou por uma abordagem que objetivou analisar uma SD, considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva durante o processo de aprendizagem da noção de FOO indicadas para estudantes do 3º ano do EM de uma escola pública da cidade de Aporá.

Decorrente desse objetivo, traçaram-se os seguintes objetivos específicos: 1. Desenvolver uma Sequência Didática que contempla recursos didáticos genéricos com emprego de estímulos e apoiados nos constructos da NC, de modo a mobilizar a atenção seletiva dos estudantes; 2. Analisar o processo atencional e a aprendizagem de FOO em meio aos estímulos empregados nos recursos didáticos genéricos; 3. Entender como ocorre o processamento cerebral da informação privilegiando o canal de entrada da visão; 4. Compreender como os documentos oficiais e pesquisas abordam sobre o objeto do saber FOO; 5. Identificar as contribuições da NC na aprendizagem de FOO.

Contagiado com as teorias de ensino e pesquisa desenvolvidas na França, essa investigação foi conduzida a partir dos princípios da metodologia de pesquisa da EDC instituída por Artigue (1998). A escolha pela EDC deu-se pela sua abordagem sistemática e rigorosa, que demandou um extenso investimento de tempo e dedicação em cada uma de suas fases: análises prévias, concepção e análise *a priori*, experimentação, e análise *a posteriori* e validação.

Embora seja recomendado que uma pesquisa de Educação a Distância (EDC) seja desenvolvida por uma equipe de pesquisadores, nesse caso específico, ela foi conduzida por um único pesquisador, em virtude da exigência do programa de pós-graduação. No entanto, o mais indicado é que esse tipo de atividade seja realizado de maneira colaborativa e participativa. Ainda assim, com a aplicação da EDC, foi possível realizar uma investigação criteriosa que resultou em uma compreensão satisfatória da aprendizagem das Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO) por estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

Conforme as orientações de Artigue (1998), por meio das análises prévias, foi examinado o desenvolvimento histórico-epistemológico das FO, com base nos estudos dos OBE de Bachelard (1996), o que possibilitou a identificação de dez OBE apresentados no Quadro 2. Esses estão vinculados às barreiras que impactaram o avanço do conhecimento científico no campo da QO.

Ao analisar os documentos oficiais com olhar para o ensino das FOO, a saber, LDBEN, PCNEM, PCNEM+, DCNEM, BNCC e DCRB, foi possível compreender o incentivo às práticas pedagógicas inovadoras, à diversificação de recursos didáticos genéricos sem se limitar ao LD, à contextualização dos conteúdos de modo a superar a fragmentação do ensino, o incentivo à investigação e ao desenvolvimento de competências e habilidade, tais como as sinalizadas na BNCC.

Com a análise do ensino habitual das FO em pesquisa como as de Lima *et al.* (2000), Diniz Júnior e Silva (2016) e Silva *et al.* (2017) identificaram-se dificuldades relacionadas à metodologia de ensino que preza pela demonstração, denominação, classificação e nomenclaturas de substâncias que apresentam FOO.

Com as análises das pesquisas de Santos e Aquino (2011), Lapa e Silva (2016), Silva *et al.* (2017), Neto e Cruz (2018), Silva (2018), Sales *et al.* (2020), Zanqui *et al.* (2021), Félix e Lima (2021) e Menezes (2022), foram identificadas metodologias diversas com abordagem temática que fazem emprego de recursos didáticos tecnológicos e adaptados. Essas pesquisas encabeçaram o ensino das FOO a partir de temas geradores, conforme preconizam os PCNEM e PCNEM+.

A partir dessas análises sobre o ensino habitual e com base nos estudos dos OBD, instituídos por Brousseau (1983, p. 177), foram identificados seis OBD, que de acordo com esse autor, trata-se “de uma escolha ou de um projeto do sistema educacional”, conforme apresentados no Quadro 3. Além disso, ao analisar capítulos

de LD de química aprovados pelo PNLD2018 e PNLD 2021, observou-se que o livro denominado 'Ser protagonista: química' segue as recomendações dos PCNEM e DCNEM, organiza o conteúdo das FOO em um único capítulo destacando a importância das regras de nomenclatura e representação estrutural dos compostos orgânicos, mas não indica recursos tecnológicos para facilitar a aprendizagem.

Já os livros atuais que fazem parte de uma coleção de Ciências da Natureza relacionando-os aos campos da Biologia, Física e Química tratam de temas contemporâneos e seguem a proposta do Novo Ensino Médio. Um dos pontos positivos desta abordagem das FOO em vários capítulos é a descentralização, permitindo a contextualização dos conhecimentos. Essas análises, portanto, permitiram esboçar sete considerações sobre a estrutura didática e abordagem metodológica sobre o ensino das FOO, conforme mostra o Quadro 4.

Esses estudos foram fundamentais para compreender como ocorreu o estabelecimento dos campos ou áreas de competência dentro dessa ciência, a exemplo da transição da QO para a QI, que marcou uma importante organização dos compostos orgânicos e trouxe novas nuances em relação aos compostos inorgânicos, além disso, desempenharam um papel relevante na compreensão da estrutura didática desse conteúdo, revelando detalhes da condução do ensino das FOO, que serviram de subsídios à fase de concepção e análise *a posteriori* da SD.

A fundamentação teórica desta pesquisa repousa sobre os princípios da Neurociência Cognitiva, principalmente sobre a origem de estudo do cérebro humano e suas descobertas como a de que o cérebro tem participação em atividades sensoriais de forma integrada com outras áreas (Portes, 2015).

Neste sentido, convidou-se a NC para fazer parte desse quadro teórico pelo fato de essa área de conhecimento interdisciplinar buscar compreender os processos cognitivos que estão atrelados ao processo de aprendizagem, sendo que esse processo consiste em uma mudança de comportamento, logo há uma afinidade entre essas áreas (Rego, 1995).

Sendo assim, buscou-se compreender os percursos e as transformações das informações no sistema sensitivo visual, tendo em vista que o olho é um órgão dos sentidos mais requisitados no estado de seletividade dos estímulos visuais no processo de aprendizagem, além de compreensão que estruturas como os tálamos e córtex visual primário são as primeiras áreas a receber informações do núcleo

geniculado lateral, estando envolvidas nos estágios iniciais de processamento das informações. Esse percurso dá-se por meio da comunicação na fenda sináptica dos neurônios.

Complementando esse quadro teórico com a atenção seletiva que serviu de subsídio ao processo de aprendizagem, independentemente das nuances nas definições de autores como Luria (1979), Lima (2015) e Cosenza e Guerra (2011), a atenção emerge como um recurso cognitivo essencial limitado para lidar com o fluxo constante de estímulos e tomar decisões eficazes. O modelo atencional de Posner (1980) ajudou na compreensão do funcionamento do sistema de atenção ao explicar a atuação das redes de alerta, orientação e executiva conforme as características dos estímulos, fundamental para aprimorar as escolhas metodológicas e os recursos didáticos genéricos.

Considerando a influência da TIC na compreensão dos processos perceptuais e atencionais, torna-se evidente que a forma como os estudantes realizam buscas visuais em um ambiente repleto de estímulos era complexa e multifacetada. A distinção entre os estágios pré-atentivo e atento, conforme delineado por Treisman e Gelade (1980), destacam a capacidade do sistema visual de processar automaticamente uma variedade de informações enquanto, simultaneamente, concentra-se em características específicas de estímulos mais complexos.

Essa compreensão proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de estímulo à atenção seletiva em estudantes, particularmente nas atividades nas quais foi crucial captar e manter o interesse dos estudantes. Ao considerar os conhecimentos prévios e as características dos estímulos-alvos, foi possível projetar recursos e metodologias que engajassem os estudantes, alinhando-se com seus contextos tecnológicos e estimulando regiões específicas do córtex cerebral associadas ao aprendizado. Assim, a aplicação dessas estratégias podia ser um caminho promissor para aprimorar a concentração e o envolvimento dos estudantes nas atividades escolares.

Para completar o quadro teórico, a TSD, desenvolvida por Brousseau (1986), emerge como uma ferramenta fundamental para compreender o processo de aprendizagem. Ao focar a interação entre professor, estudante, saber e contexto educacional, a TSD destaca a importância das situações didáticas na promoção da construção do conhecimento pelos estudantes. Nas fases de ação, formulação,

validação e institucionalização, os estudantes foram desafiados a se envolver ativamente na resolução de situações, na troca de informações e na defesa de suas soluções. Essa abordagem, embora inicialmente voltada para a matemática, também demonstrou relevância para o ensino de química, destacando-se pela sua capacidade de analisar e sistematizar os processos de ensino e aprendizagem em diferentes contextos. Assim, a aplicação da TSD ofereceu uma estrutura sólida para a concepção e análise de situações de aprendizagem que estimularam a participação ativa dos estudantes e promoveram a compreensão dos conteúdos.

Essa fundamentação teórica levou em consideração preceitos da aprendizagem sob uma ótica neurocognitiva, principalmente sobre o desenvolvimento da atenção seletiva, proporcionando o embasamento necessário para a formulação de estratégias visando a uma aprendizagem mais significativa.

Durante a segunda fase da EDC, foi concebida e analisada uma SD, conforme descrito por Artigue (1988), que se caracteriza por um conjunto de atividades planejadas de antemão e analisadas, considerando os achados nas análises prévias e os fundamentos teóricos, foi possível organizar situações didáticas e adidáticas que auxiliaram no desenvolvimento da aprendizagem das FOO.

Essa fase permitiu o emprego de recursos didáticos como estratégias de aprendizagem que se apoiavam em constructos da NC quanto ao processamento cerebral da informação e nas considerações da TIC, uma teoria da atenção seletiva, foram empregadas nos quatro momentos da SD.

Embora apresentem abordagens distintas, é possível encontrar pontos de convergência entre as duas teorias. Em ambas, reconhece-se a relevância do contexto e da interação na construção do conhecimento. Enquanto a TIC destaca a importância da atenção seletiva e do processamento perceptivo, a TSD direciona o foco para a interação entre o aluno e o objeto de conhecimento, utilizando os recursos didáticos genéricos selecionados. Essa perspectiva sugeriu que as características das FOO podiam ser influenciadas pela maneira como as situações são apresentadas aos estudantes, orientando sua atenção para determinados aspectos e facilitando sua integração na compreensão geral.

A abordagem da TIC adotada concentrou-se na capacidade de atenção seletiva e na habilidade de identificar atributos relevantes em um estímulo específico. Nesse contexto, utilizando os recursos didáticos genéricos escolhidos, foi viável realizar uma

busca por características distintivas das FOO, explorando elementos como cores, traços, formas e arranjos presentes nos estímulos apresentados, além de considerar a presença ou ausência de determinadas características e as semelhanças entre os alvos a serem identificados.

Conforme a TIC, o funcionamento do nosso sistema perceptual envolve a seleção de atributos proeminentes de um estímulo e sua posterior integração para criar uma representação unificada do objeto ou evento em análise (Treisman e Santos, 1990). Esse processo implica múltiplas etapas de processamento de informações, que vão desde a identificação dos elementos fundamentais até a interpretação de características mais elaboradas e complexas.

Nesses momentos, os estímulos visuais representativos foram integrados à concepção da SD, tais com imagens, vídeos, kits moleculares, jogo de tabuleiro, jogo didático e informações que despertam a atenção. Essa abordagem foi orientada por situações adidáticas e didáticas, de acordo com as fases da TSD.

Nos momentos da SD, situações foram organizadas, como na Atividade 02, em que repousa uma situação adidática, no caso das demais, as situações são do tipo didáticas. A situação de ação da qual Brousseau teoriza, foi incumbida para fazer parte dessa atividade, em que se convidou os estudantes a refletirem e discutirem as situações apresentadas no vídeo. No caso da situação de formulação, aconteceu na sexta atividade, em que se discutiam as concepções das fórmulas estruturais de 2D para 3D com a elaboração dos modelos moleculares dos compostos orgânicos oxigenados. Na Atividade 09, assemelhava-se à situação de validação, que consistiu na demonstração do conhecimento construído.

No momento de experimentação, ficou evidente que, apesar das orientações dadas no início, alguns estudantes apresentaram dificuldades de concentração e quebra do contrato didático, conforme instituído por Brousseau (1986), ao utilizarem dispositivos eletrônicos. Isso ressaltou a importância de reforçar constantemente as expectativas e normas de conduta em sala de aula para garantir um ambiente propício à aprendizagem.

Algumas lacunas no entendimento foram identificadas, especialmente nas questões que envolviam a identificação as FOO em fórmulas estruturais. Alguns estudantes confundiram os nomes dos elementos químicos com os nomes das

funções, sugerindo que o conhecimento sobre essas funções ainda não estava solidificado para esses alunos.

A SD ofereceu aos discentes experiências práticas por meio de um vídeo, apresentações em slides, com uso de kit molecular, jogo de tabuleiro e um jogo didático. Durante o vídeo, houve diferentes níveis de concentração, com alguns estudantes se distraíndo com conversas paralelas ou celulares, destacando a importância de reforçar as expectativas de comportamento em sala de aula, assim como durante as apresentações dos outros recursos didáticos genéricos.

Os participantes reconheceram a eficácia do formato das atividades enriquecidas com recursos didáticos genéricos e diferenciadas das demais, considerando-o acessível para o aprendizado. Tanto é que foi solicitado por alguns estudantes uma expressiva demanda por mais atividades nesse formato. Contudo, cabe ressaltar que elaborar atividades desse tipo requer disposição de tempo.

Durante essa fase da EDC, com a experimentação, constatou-se o significativo envolvimento da maioria dos estudantes no desenvolvimento das atividades, ao mesmo tempo em que se identificou resistência por parte de alguns. Adicionalmente, a frequência dos estudantes do 3º ano A nos momentos finais foi reduzida, o que possivelmente impactou os resultados dessa turma, conforme evidência nos Gráficos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 21 que apresentam os desempenhos comparativos das duas turmas.

A fase de análise *a posteriori* e validação foi aguardada com grande expectativa devido à apresentação de um confronto das análises. Isso ocorreu com o propósito de confirmar a hipótese inicial de que, ao compreender como ocorre o processamento cerebral da informação, seria possível aplicar estímulos em recursos didáticos genéricos da SD capazes de mobilizar regiões do córtex cerebral responsáveis pela atenção seletiva. Esse processo visava desenvolver o estado de atenção dos estudantes para a aprendizagem da noção de FOO.

Observou-se que nas Atividades 02, 05, 06 e 08, os estudantes mostraram a capacidade de direcionar conscientemente sua atenção às atividades específicas, assim, esse esforço cognitivo foi fundamental para o bom desempenho e a validação. Notadamente, percebe-se que os melhores desempenhos estão nas atividades as quais são situações didáticas que empregam os recursos didáticos visuais e concretos, diferente das atividades individuais e escritas.

Foram exatamente nessas que se observaram mais ausências de respostas. Este comportamento deve-se ao fato de que essas atividades não seriam pontuadas para compor a nota da unidade, ou seja, não havia estímulos que empenhassem nessas atividades. Além disso, os estudantes já se encontravam pontualmente aprovados. Mesmo diante dessas recusas, buscou-se estimulá-los cognitivamente, mostrando-lhes a importância desse tipo de conhecimento para suas vidas.

Na medida em que os estudantes pontuavam as dificuldades em responder às questões, o pesquisador apresentava informações básicas sobre o conteúdo para que fosse possível respondê-las, desse modo, esclarecendo as dúvidas, principalmente sobre como responder.

Os recursos didáticos, tanto concretos quanto virtuais, desempenharam um papel fundamental ao estimular as redes do córtex cerebral responsáveis pela atenção seletiva, além de explorar habilidades motoras e visuais. Esses recursos também possibilitaram o desenvolvimento de atividades em grupo, promovendo o engajamento dos estudantes.

Cabe ressaltar que o tempo de aula foi limitado, especialmente durante o período em que a estratégia de ensino foi aplicada, obrigando-o a ajustar às demandas específicas da unidade educacional. Como resultado, algumas atividades tiveram seu tempo de realização reduzido.

Focou-se no questionamento de como mobilizar a função cognitiva da atenção seletiva com o emprego de recursos didáticos genéricos apoiados nos constructos da NC, a aprendizagem da noção de FOO de estudantes do 3º ano do EM de uma escola pública da cidade de Aporá.

Desse modo, foi possível alcançar os objetivos da pesquisa ao elaborar, analisar, aplicar e validar a SD nesse percurso de EDC, empregando recursos didáticos genéricos para estímulos ao desenvolvimento da atenção seletiva. Com isso, foi possível analisar o processo atencional a partir dos estudos teóricos, além de perceber as contribuições da NC à compreensão no processo de aprendizagem sob uma perspectiva neural e comportamental do cérebro, permitindo lançar olhares estratégicos sobre como conduzir o processo de ensino e a aprendizagem das FOO, aproximando do contexto dos estudantes.

Os achados identificados durante a investigação evidenciaram oportunidades para a realização de novas pesquisas, as quais podem ser conduzidas com base nos

princípios da NC, com enfoque específico na atenção seletiva no contexto do ensino das FOO.

Considerando que esta pesquisa buscou compreender o processamento cerebral da informação, sendo o olho a porta de entrada dos estímulos externos, desperta-se um interesse particular do pesquisador em direcionar futuros estudos para uma investigação mais aprofundada. Especificamente, surge a questão: de que forma o estudo do mapeamento da íris pode influenciar o desenvolvimento da atenção seletiva no contexto do ensino das Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO)?

Essa indagação se fundamenta na compreensão da íris como uma estrutura ocular que reflete não apenas características físicas individuais, mas também aspectos neurobiológicos e cognitivos. Portanto, a pesquisa propõe explorar como a análise detalhada da íris, em relação ao ensino das FOO, pode potencializar a capacidade dos estudantes de focalizar sua atenção em informações relevantes, filtrando estímulos externos e otimizando o processo de aprendizagem.

Dessa forma, abre-se um caminho para investigações futuras que visam elucidar essa relação entre mapeamento da íris e atenção seletiva, assim como visualizar estratégias metodológicas e recursos didáticos genéricos, que seja possível de contribuir para uma compreensão mais abrangente dos mecanismos envolvidos na cognição e no ensino e aprendizagem das FOO.

O pesquisador enfrentou diversos desafios, destacando-se o tempo reduzido para aplicar a SD e uma pesquisa de engenharia que demanda tempo para conduzir as diferentes fases, incluindo a fase de experimentação, na qual é necessário ajustar os instrumentos e, se necessário, realizar reaplicações.

Portanto, os resultados desta pesquisa mostram que, apesar dos desafios enfrentados, permitiram uma análise do processo de aprendizagem das FOO, levando em consideração não apenas os aspectos conceituais, mas também os aspectos neurocognitivos relacionados à atenção seletiva e o significativo papel dos recursos didáticos genéricos nesse processo.

Percebe-se que os recursos didáticos concretos e visuais estimulam a atenção seletiva dos estudantes e promovem a integração de habilidades motoras e visuais, contribuindo para uma aprendizagem mais efetiva das FOO.

Por fim, os resultados deste estudo contribuem não apenas para o avanço do conhecimento no campo do ensino de FOO, mas também para a reflexão sobre a

importância de uma abordagem interdisciplinar e baseada em evidências na promoção de uma educação de qualidade. Assim, esta pesquisa contribui para com o(a) professor(a) da Educação Básica ao revelar caminhos para organizar o ensino das FOO de maneira mais eficaz e significativa. Por meio da compreensão mais aprofundada dos mecanismos cognitivos envolvidos no processo de aprendizagem, os educadores podem adaptar suas práticas pedagógicas, desenvolvendo estratégias que atendam às necessidades individuais dos alunos e promovam uma aprendizagem mais engajada e eficiente. Essa perspectiva não apenas enriquece o ambiente de sala de aula, mas também contribui para o desenvolvimento integral dos estudantes, preparando-os para os desafios do mundo contemporâneo.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJAN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 182-192, jul./dez. 2000.

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. 1. ed. Curitiba: UFPR, 2007. 218 p.

ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. *In: Recherches en Didactique des Mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.

BARRETO, J. V. Como ensinar condicionalmente as funções orgânicas segundo o modelo teórico de aprendizagem de Watson. *In: FONSECA, L. S.; SILVA, K. S. (Org.). Modelos teóricos de aprendizagem*: bases para sequências de ensino em ciências e matemática. São Cristóvão: Editora UFS, 2018. p. 31-50.

BARTOSZECK, A. B. Neurociência na educação. **Revista Eletrônica Faculdades Integradas Espírita**, Curitiba, v. 1, p. 1-6, 2006.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociência**: desvendando o sistema nervoso. Tradução: Carla Dalmaz *et al.* 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 992 p.

BITTAR, M. A Teoria Antropológica do Didático como ferramenta metodológica para análise de livros didáticos. **Zetetiké**, Campinas, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 364-387, set./dez. 2017.

BRASIL. Resolução Nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC/SEB. 2018a. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/resources/downloads/pdf/dcnem.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018b. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 07 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei n. 9394**, 1996. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm). Acesso em: 07 de jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 07 de jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasil: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conaes-comissao-nacional-de-avaliacao-da-educacao-superior/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>. Acesso em: 08 jun. 2023.

BROUSSEAU, G. **Teoria das Situações Didáticas na Matemática: Didática da Matemática, 1970-1990**. Editado e Tradução: Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland e Virginia Warfield. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Editoras acadêmicas Kluwer, 2002, 315 p.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. São Paulo: Ática, 2008. 144 p.

BROUSSEAU, G. Fundamentos da didática da matemática. Rio de Janeiro: Vozes, 1996. 160 p.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et al didactique des mathématiques. *In*: BEDNARZ, N.; GARNIER, C. (org). **Construction des savoirs: obstacles et cinfkits**. CIRADE Les Editions Agence d'Arc inc., 1989. p. 41-63.

BROUSSEAU, G. Fondements et Méthodes de la Didactique des Mathématiques. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 33-116, 1986.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes em mathématiques. **Recherches em Didactique des Mathématiques**. Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions, v. 4. n. 2, p. 164-198, 1983.

BROWN, T. L. *et al*. **Química: a ciência central**. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas, Sonia Midori Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2017. 1152 p.

CARAMORI, G. F.; OLIVEIRA, K. T. Aromaticidade: evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1871-1884, 2009.

CASTRO, F. S.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Alma, mente, cérebro na Pré-história e nas primeiras civilizações humanas. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 37-48, 2010.

CASTRO, F. S.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Alma, corpo e a antiga civilização grega: as primeiras observações do funcionamento cerebral e das atividades mentais. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 24, n. 4, p. 798-809, 2011.

CAMEL, T. O.; KOEHLER, C. B. G.; FILGUEIRAS, C. A. L. A Química Orgânica na consolidação dos conceitos de átomos e moléculas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 543-553, 2009.

CAMILLO, C. M. Neurociência e a aprendizagem no ensino Ciências. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 6, maio 2021.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 1994. 191 p.

CORBETTA, M.; SHULMAN, M. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. **Nature Reviews Neuroscience**, [s. l.], v. 3, p. 201-215, 2002.

CORTESE, S. S.; MATTOS, P.; BUENO, J. R. Déficit atentos e antidepressivos. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 79-85, 1999.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e Educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 151 p. (Coleção Educação em Ciências).

COSTA, R. C. Os obstáculos epistemológicos de Bachelard e o ensino de Ciências. **Cadernos de Educação**. FaE/UFPel, Pelotas, n. 11, p. 153-167, jul./dez. 1998.

COSTA, A. C. J. **Ensino híbrido em foco: estratégias para o ensino de funções orgânicas oxigenadas**. 2019. 259 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

CRUZ, J. A.; SOUSA, W. J.; GOMES, E. C. Aplicação da Teoria das Situações Didáticas (TSD) na Resolução de Problemas de Cinemática. **Caderno de Física da UEFS**, Feira de Santana, v. 17, n. 2, p. 1-8, 2019.

DANTES, M. A. M. Da alquimia à química moderna. **Revista de História**, [s. l.], v. 48, p. 97-106, 1974.

DESIMONE, R.; DUNCAN, J. Neural Mechanisms of selective visual attention. **Annual Review of Neuroscience**, [s. l.], v. 18, p. 193-222, 1995.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T. Isômeros, funções orgânicas e radicais livres: análise da aprendizagem de alunos do ensino médio segundo a abordagem CTS. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 60-69, fev. 2016.

DUTRA, L. H. A. **Epistemologia da aprendizagem**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000. 136 p.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Manual de psicologia cognitiva**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 878 p.

FARIAS, T.; SIMÕES, B. S.; TRINDADE, E. C. A. Tentativa de Superar Obstáculos de Aprendizagem. **Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 121-150, nov. 2013.

FÉLIX, M. E. O.; LIMA, B. T. S. As metodologias ativas na construção do conhecimento científico: utilização do método *JigSaw* (quebra-cabeça) e mapa conceitual para o ensino de funções oxigenadas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 14, n. 1, p. 139-158, jan./abr. 2021.

FELTRE, R. **Química orgânica**. 6. ed. São Paulo: Brasil: Moderna, v. 3, 2004. 384 p.

FELTRE, R. **Química orgânica**. 7. ed. São Paulo: Brasil: Moderna, v. 3, 2008. 480 p.

FILGUEIRAS, C. A. Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 29, nov. 2004.

FILHO, M. C. A. A evolução da química: de Boyle e Lavoisier. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 93-95, abr. 1984.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970. 184 p.

FONSECA, M. R. M. **Química: ensino médio**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. 368 p.

FONSECA, L. S. **Um estudo sobre o ensino de funções trigonométricas no Ensino Médio e no ensino Superior no Brasil e França**. 2015. 195 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo. São Paulo, 2015.

FONSECA, L. S. **A aprendizagem das Funções Trigonométricas na perspectiva da Teoria das Situações Didáticas**. 2011. 195 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

FONSECA, L. S.; BARROS, L. G. X. Um estudo sobre a transição do ensino das noções de funções trigonométricas entre o ensino médio e superior no Brasil e França. **Scientia Plena**, [s. l.], v. 12, n. 11, 2016.

GÁLVEZ, G. A Didática da Matemática. In: PARRA, C.; SAIZ, I. (org.). **Didática da Matemática: Reflexões Psicológicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, Cap. 2, p. 26-35, 1996.

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Cognitive Neuroscience: the biology of the mind**. 5. ed. New York: W. W. Norton & Company, 2019. 772 p.

GAZZANIGA, M. S.; HEATHERTON, T.; HALPERN, D. **Ciência psicológica**. Tradução: Maiza Ritomy Ide, Sandra Maria Mallmann da Rosa, Soraya Imon de Oliveira. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. 767 p.

GERMANO, C. M. *et al.* Utilização de frutas regionais como recurso didático facilitador na aprendizagem de funções orgânicas. In: **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**, Brasília, DF, Brasil, 21 a 24 jul. 2010.

GOMES, C. J. C. **Obstáculos epistemológicos no processo de alfabetização científica: um estudo para a formação do professor das séries iniciais do**

**ensino fundamental**. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2016.

KANDEL, E. R. *et al.* **Princípios de neurociências**. Tradução: Ana Lúcia Severo Rodrigues *et al.* 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 1531 p.

KOLB, B.; WHISHAW, I.Q. **Neurociência do Comportamento**. São Paulo: Manole, 2002. 601 p.

KNIGHT, D. M. **The Development of Chemistry, 1789-1914: Selected essays**. 1998. 622 p.

LACERDA, A. G.; BRITO, M. M. Análise de livros didáticos de ciências a partir do uso de analogias: obstáculos e abordagens sobre o conteúdo célula. **Revista REAMEC**, Cuiabá, v. 7, n. 2, jul./dez. 2019.

LAPA, W. P. F. M; SILVA, J. C. S. Revisando as Funções Orgânicas Oxigenadas com um Jogo Didático. **Revista Debates em Ensino de Química**, Matinhos, PR, v. 2, n. 2 (esp.), p. 104-111, 2016.

LEITE, H. **O desenvolvimento da atenção voluntária na compreensão da psicologia histórico-cultural: uma contribuição para o estudo da desatenção e dos comportamentos hiperativos**. 2010. 197f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais de Neurociência. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010. 786 p.

LEWIS, G. N. The Atom and the Molecule. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, DC, v. 38, p. 762-785, 1916.

LIMA, J. F. L. *et al.* A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 11, p. 26-29, maio 2000.

LIMA, J. O. G. Um olhar sobre a história do ensino de Química no Brasil. *In*: ROMERO, M. A. V.; MAIA, S. R. R. (Org.). **O ensino e a formação do professor de Química em questão**. Teresina: EDUFPI, p.12-28, 2013.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, ano 12, n. 136, p. 95-101, set. 2012.

LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciência & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 113-122, 2005.

LISBOA, J. C. F. **Ser Protagonista: Química**, 3. ed. v. 1. São Paulo: Edições SM, 2016. 383 p.

LISBOA, J. C. F. **Ser Protagonista: Química**, 3. ed. v. 3. São Paulo: Edições SM, 2016. 384 p.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 74, n. 177, p. 309-334, maio/ago. 1993.

LOPES, C. E. O ensino da estatística e da probabilidade na educação básica e a formação dos professores. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 28, n. 74, p. 57-73, 2008.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da natureza**: Lopes & Rosso. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020. 160 p.

LURIA, A. **Curso de Psicologia Geral**. v. 1. Introdução Evolucionista à Psicologia. Tradução: Paulo Bezerra. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, v. 4, 1979. 115 p.

MACHADO, S. D. A. Engenharia Didática. *In*: MACHADO, S. D. A. *et al.* **Educação Matemática**: uma introdução. São Paulo: EDUC, p. 197-208, 1999.

MATLIN, M. W. **Psicologia cognitiva**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 424 p.

MENEZES, T. C. **Influências da neurociência cognitiva na área de química: como os conhecimentos sobre atenção seletiva poderiam auxiliar na aprendizagem das funções orgânicas?** 2022. 221 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOURÃO-JÚNIOR, C. A.; OLIVEIRA, A. O.; FARIA, E. L. B. Neurociência cognitiva e desenvolvimento. **Temas em educação e saúde**, Araraquara, v. 7, p. 9-30, 2017.

NASCIMENTO, J. M. T. S.; CAMPOS, F. L. A importância da utilização de recursos didático-pedagógicos no ensino de genética em escolas públicas no município de Parnaíba – PI (Brasil). **Revista Espacios**, Caracas, Venezuela, ano 2018, v. 39, n. 25, 2018.

NEVES, L. S.; FARIAS, R. F. **História da Química**: um livro-texto para a graduação. Campinas, SP: Editora Átomo, 2011. 134 p.

NETO, J. E. S.; CRUZ, M. E. B. Uma Sequência Didática sobre perfumes e essências para o ensino de funções orgânicas oxigenadas. **Revista Dynamis**. FURB, Blumenau, v. 24, n. 1, p. 3-19, 2018.

NETO, W. N. A. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. Cadernos temáticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 7, p. 13-24, dez. 2007.

NOGUEIRA, H. S. A.; PORTO, P. A. Entre tipos e radicais: a construção do conceito de valência. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 117-127, 2019.

PANTANO, T.; ZORZI, J. L. **Neurociência aplicada à aprendizagem**. São José dos Campos: Pulso, 2009. 190 p.

PAZINATO, M. S. *et al.* Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 21-25, fev. 2012.

PEIXOTO, E. M. Carbono. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 5, p. 34, maio 1997.

PEREIRA JÚNIOR, A. Questões epistemológicas das Neurociências Cognitivas. **Trabalho, Educação, Saúde**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 509-520, nov. 2010/fev. 2011.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PAGLIARO, M. Look better. Single atoms in chemistry, and single atoms in physics. **ChemPhysChem**, [s. l.], n. 20, p. 1553-1558, 2019.

PASHLER, H.; JOHNSTON, J.; RUTHRUFF, E. Attention and performance. **Annual Review of Psychology**, [s. l.], v. 52, p. 629-651, 2001.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. v. 3, 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. 344 p.

PORTES, D. S. A importância das Neurociências na formação do professor de inglês. **Revista Psicopedagogia**, [s. l.], v. 32, n. 98, p. 168-181, 2015.

PORTO, P. A. Os três princípios e as doenças: a visão de dois filósofos químicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 5, p. 569-572, 1997.

PORTO, P. A. Os primeiros desenvolvimentos do conceito helmontiano de gás – parte II. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 141-146, 2003.

POSNER, M. I. Attention: The mechanisms of consciousness. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v. 91, p. 7398-7403, ago. 1994.

QUIDIGNO, R. A. F. *et al.* Uma proposta de sequência didática sobre agrotóxicos fundamentada na abordagem de controvérsias sociocientíficas e na teoria das situações didáticas. **Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 10, n. 2, p. 1-17, 2021.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis: Vozes, 1995. 138 p.

RELVAS, M. **Neurociência de bolso: a contribuição das neurociências no processo da aprendizagem escolar**. 1. ed. São Paulo: Arco 43, 2020. 90 p.

ROBERT, A. Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, [s./l.], v. 18, n. 2, p.139-190, 1998.

RODRIGUES, S. D.; CIASCA, S. M. Aspectos da relação cérebro-comportamento: histórico e considerações Neuropsicológicas. **Revista Psicopedagogia**, [s. /l.], v. 27, n. 82, p. 117-126, 2010.

ROSA, C. A. P. **História da Ciência**: a ciência moderna. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012. 403 p.

ROYAL SOCIETY. **Brain waves module 2**: Neuroscience: implications for education and lifelong learning. The Royal Society, London, Feb. 2011.

RUSSO, R. M. T. **Neuropsicopedagogia clínica**: introdução, conceitos, teoria e prática. Curitiba: Editora Juruá, 2015. 146 p.

RUSHTON, S.; LARKIN, E. Shaping the Learning Environment: Connecting Developmentally Appropriate Practices to Brain Research. **Early Childhood Education Journal**, [s. /l.], v. 29, n. 1, p. 25-33, Sept. 2001.

SÁ, A. L.; NARCISO, A. L. C.; FUMIÃ, H. F. Neurociência cognitiva e Educação: análise sobre a prevalência de neuromitos entre os docentes de Matemática e das demais áreas do conhecimento atuantes na SRE de Carangola-UFMG: **Educação**, v. 45, n. 1, p. 1-25, jan./dez. 2020.

SALES, G. P. *et al.* A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de funções orgânicas oxigenadas e nitrogenadas. **Anais eletrônicos [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/67490>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SANTOS, A. P. R. A.; ALVES, F. R. V. A teoria das Situações Didáticas no ensino das Olimpíadas de Matemática: Uma Aplicação do Teorema de Pitot. **Revista Indagatio Didactica**, v. 9, n. 4, p. 279-296, 2017.

SANTOS, M. A.; ARAÚJO, J. F. S. Uso das ferramentas pedagógicas e tecnológicas no contexto das aulas remotas. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 17, 2021.

SANTOS, P. N.; AQUINO, K. A. S. Utilização de cinema na sala de aula: aplicação da química dos perfumes no ensino de funções orgânicas oxigenadas e bioquímica. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 33, n. 3, p. 160-167, ago. 2011.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, v. 3, 2013. 136 p.

SICCA, N. A. L.; GONÇALVES, P. W. História da química e da geologia: Joseph Black e James Hutton como referências para educação em ciências. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 689-695, 2002.

SILVA, F. E. F. *et al.* Temática chás: uma contribuição para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 394, n. 4, p. 329-338, nov. 2017.

SILVA, K. S. **A neurociência cognitiva como base de aprendizagem de geometria molecular: um estudo sobre atributos do funcionamento cerebral relacionados à memória de longo prazo**. 2018. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. S. Aplicação de uma sequência de ensino de geometria molecular baseada no modelo neurocognitivo da atenção. *In*: FONSECA, L. S.; SILVA, K. S. (Org.). **Modelos teóricos de aprendizagem na prática: bastidores e cenários em salas de aula de ciências e matemática** [recurso eletrônico]. São Cristóvão, SE: Editora UFS, 2019. p. 90-103.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no Ensino de Química: uma discussão teórica necessária para novos avanços. **Revista Debates em Ensino de Química**, Goiânia, v. 2, n. 2, p. 5-13, out. 2016.

SOUZA, E. J. **O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de hidrodinâmica**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. Tradução: Anna Maria Dalle Luche e Roberto Galman. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 591 p.

SUTTON, M. A forgotten triumph. **Chemistry World**, Apr. 2008. Disponível em: <https://www.chemistryworld.com/feature/a-forgotten-triumph/3004463.article>. Acesso em: 22 maio 2023.

TEIXEIRA, P. J. M.; PASSOS, C. C. M. Um pouco da Teoria das Situações Didáticas (TSD) de Guy Brousseau. **Zetetiké**, Campinas, São Paulo, v. 21, n. 39, p.155-168, 2013.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. Tradução: Ana Cavalcanti C. Botelho *et al.* 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 1201 p.

TREISMAN, A.; GELADE, G. A feature integration theory of attention. **Cognitive Psychology**, v. 12, n. 1, p. 97-136, 1980.

TREISMAN, A.; SATO, S. Conjunction search revisited. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 16, n. 3, 459-478, 1990.

TREISMAN, A., SOUTHER, J. Search asymmetry: A diagnostic for preattentive processing of separable features. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 114, n. 3, p. 285-310, 1985.

VIDAL, B. **História da Química**. Lisboa: Edições 70, 1986. 106 p.

VIEIRA, E. P. P. Neurociências, cognição e educação: limites e possibilidades na formação de professores. **Revista Práxis**, Pará, ano 6, n. 8, p. 31-38, 2012.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: Como educar. Porto Alegre, 1998.

ZANQUI, R. K. *et al.* Estudo das funções da química orgânica com o uso do kit molecular de aprendizagem Atomlig. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 311-319, ago. 2022.

YANCHYK, Nataliya. **Fenómeno de Crowding e as suas implicações na Ambliopia**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Optometria em Ciências da Visão) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2012.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Termo de anuência e existência de infraestrutura



#### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

#### **TERMO DE ANUÊNCIA E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA**

Ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe – (CEP-UFS)

Eu, Edson Pereira da Silva, diretor do Colégio Estadual de Tempo Integral de Itamira, localizado em Itamira, Distrito do município de Aporá, Estado da Bahia, autorizo a realização do projeto intitulado **“A ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO POTENCIAL PARA A APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS”** pelo pesquisador Eliel Cardoso dos Santos, estudante do Mestrado do Programa de Ensino de Ciência e Matemática da Universidade Federal de Sergipe – UFS, que tem por objetivo geral desenvolver uma Sequência Didática, considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva para auxiliar na aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO) de estudantes do 3º ano do Ensino Médio (EM) de uma escola pública.

A pesquisa envolve estudos dos campos da Psicologia e Neurociência Cognitiva, teorias de ensino, aprendizagem e pesquisa. Em conformidade com os objetivos geral e específicos, esta pesquisa preocupa-se não apenas com os resultados, mas também com o percurso. Por isso, tem natureza qualitativa e envolve a obtenção de dados descritivos. A pesquisa busca mobilizar a atenção seletiva na aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas, percebendo uma direta relação entre as ciências.

Neste sentido, os momentos com os estudantes consistem inicialmente no levantamento em levantar dados sobre os conhecimentos prévios e as dificuldades relativas à noção de Funções Orgânicas Oxigenadas, assim como a disponibilidade e o emprego da atenção seletiva durante a aplicação dos questionários e atividades.

Em outra fase da pesquisa, denominada de experimentação, serão aplicadas situações didáticas construídas a partir dos dados obtidos na fase anterior. Estas situações envolvem registros escritos e construções manipulativas que serão fotografadas, assegurando a integridade e a privacidade dos participantes.

Após a fase experimental, será aplicado outro questionário para avaliar as concepções e considerações dos estudantes sobre a aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas. A última fase consiste na análise dos dados obtidos com os questionários e nas construções na fase de experimentação. Pretende-se obter informações que ajudem na compreensão dos processos internos que ocorrem no cérebro, relacionados às tarefas cognitivas desenvolvidas, e validar a hipótese levantada preliminarmente. Esta pesquisa será iniciada após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (CEP/UFS), sob orientação do Professor Dr. Laerte Silva da Fonseca.

Este termo por mim assinado caracteriza que estou ciente do meu compromisso de garantir a segurança e o bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la de acordo com as diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas para os estudantes do 3º ano do Ensino Médio que não desejam ou desistem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta Instituição, conhecer e cumprir as orientações e determinações estabelecidas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, onde diz que “toda pesquisa envolvendo seres humanos deverá ser submetida à apreciação de um Comitê de Ética em Pesquisa” e Norma Operacional nº 001/2013, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que aprova as normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos.

Local e data: \_\_\_\_\_

---

Assinatura do responsável pela instituição/organização

## APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE**

Título do Projeto: **A ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO POTENCIAL PARA A APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS.**

Pesquisador Responsável: **Eliei Cardoso dos Santos**

Local onde será realizada a pesquisa: **Colégio Estadual de Tempo Integral de Itamira (CETII)**

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) desta pesquisa porque é um estudante do 3º ano do Ensino Médio, turma na qual a pesquisa deverá acontecer. Sua contribuição é muito importante, mas não deve participar contra a sua vontade.

Esta pesquisa será realizada porque sentimos a necessidade de investigar caminhos que contribuam com a aprendizagem dos estudantes a partir da mobilização da atenção seletiva em estudos das Funções Orgânicas Oxigenadas.

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma Sequência Didática, considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva para auxiliar na aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO) de estudantes do 3º ano do Ensino Médio (EM) de uma escola pública.

Os objetivos específicos são: 1. Elaborar, analisar, aplicar e validar uma Sequência Didática que contempla recursos didáticos genéricos com emprego de estímulos e apoiados nos constructos da Neurociência Cognitiva de modo a mobilizar a atenção seletiva dos estudantes; 2. Analisar o processo atencional e a aprendizagem de Funções Orgânicas Oxigenadas em meio aos estímulos empregados em recursos didáticos genéricos; 3. Compreender como ocorre o

processamento cerebral da informação; 4. Identificar as contribuições da Neurociência Cognitiva na aprendizagem de Funções Orgânicas Oxigenadas.

Os participantes da pesquisa são estudantes matriculados no CETII que estejam cursando o 3º ano do Ensino Médio. O número de participantes será de 30 estudantes, normalmente com idades entre 15 e 17 anos, mas não é considerado critério para participar, assim como sexo, cor/raça, orientação sexual, classe ou o grupo social.

Antes de decidir, é importante que entenda todos os procedimentos, os possíveis benefícios, riscos e desconfortos envolvidos nesta pesquisa.

A qualquer momento, antes, durante e depois da pesquisa, você poderá solicitar mais esclarecimentos, recusar-se ou desistir de participar sem ser prejudicado, penalizado ou responsabilizado de nenhuma forma.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Eliel Cardoso dos Santos, nos telefones (75) 34481132, celular (75) 9993-16724, no endereço Rua Antônio Alves, nº 001, Itamira, Distrito de Aporá, Estado da Bahia, CEP 48.355-000 e nos e-mails [ellyelcardosinho@hotmail.com](mailto:ellyelcardosinho@hotmail.com) ou [elielcardoso@academico.ufs.br](mailto:elielcardoso@academico.ufs.br).

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Sergipe. “O CEP é um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos” (Resolução CNS nº 466/2012, VII. 2).

Caso você tenha dúvidas sobre a aprovação do estudo, seus direitos ou esteja insatisfeito com este estudo, entre em contato com o CEP da Universidade Federal de Sergipe, localizado na Rua Cláudio Batista s/nº Bairro: Sanatório, Aracaju/SE, CEP 49.060-110. Contato por e-mail: [cep@academico.ufs.br](mailto:cep@academico.ufs.br). Telefone: (79) 3194-7208 e horários para contato– de segunda a sexta-feira, das 07h às 12h.

Todas as informações coletadas neste estudo serão confidenciais (seu nome jamais será divulgado) e utilizadas apenas para esta pesquisa. Somente nós, o pesquisador responsável e/ou equipe de pesquisa, teremos conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo.

Para maiores informações sobre os direitos dos participantes de pesquisa, leia a **Cartilha dos Direitos dos Participantes de Pesquisa**, elaborada pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), disponível no site: [http://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/img/boletins/Cartilha\\_Direitos\\_Participantes\\_de\\_Pesquisa\\_2020.pdf](http://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/img/boletins/Cartilha_Direitos_Participantes_de_Pesquisa_2020.pdf).

Se você concordar e aceitar participar desta pesquisa, deverá rubricar todas as páginas deste termo e assinar a última página, nas duas vias. Eu, como pesquisador responsável, farei a mesmo, rubricando todas as páginas e assinando a última. Uma das vias ficará com você para consultar sempre que necessário.

### **O QUE VOCÊ PRECISA SABER?**

✓ DE QUE FORMA VOCÊ VAI PARTICIPAR DESTA PESQUISA? Nós teremos quatro momentos: o primeiro será para você responder questionários sobre os seus conhecimentos a respeito do conteúdo que iremos estudar, no caso, as Funções Orgânicas. Esse momento tem por objetivo levantar dados sobre os conhecimentos prévios e as dificuldades na noção de Funções Orgânicas Oxigenadas, assim como a disponibilidade e o emprego da atenção seletiva durante as aplicações dos questionários e atividades. No segundo momento em que estaremos juntos, será para desenvolver atividades didáticas parecidas com aquelas que você costuma fazer sozinho ou com os colegas, que foram propostas pelo seu professor(a). Nestes momentos serão feitos registros de áudio e vídeo que serão de acesso exclusivo do pesquisador para analisar como foi o andamento das atividades, mas ninguém terá acesso às gravações. O terceiro momento consiste no desenvolvimento de atividades sobre o conteúdo, essas atividades são semelhantes à do segundo momento. O quarto momento será para você responder questionários sobre o que achou da atividade, o que aprendeu e sobre sua opinião.

✓ RISCOS EM PARTICIPAR DA PESQUISA: é importante que você saiba que, durante a pesquisa, pode sentir desconforto ao fornecer informações sobre o que aprendeu e as dificuldades que teve para responder às atividades propostas sobre o conteúdo. Vamos deixá-lo(a) bem à vontade para responder aos questionários e às atividades com calma, sem ser pressionado(a), e esclarecer as dúvidas sempre que for possível. Você tem liberdade para não querer participar, caso não se sinta bem. O

fato de desistir não o deixará prejudicado. Tomaremos todas as medidas para que os riscos sejam o mínimo possível e que sejam respeitadas suas particularidades.

✓ **BENEFÍCIOS EM PARTICIPAR DA PESQUISA:** com esta pesquisa, você deve aprender sobre as Funções Orgânicas Oxigenadas e será importante para o seu desenvolvimento pessoal e sua interação com os colegas, assim como melhorar nas avaliações. A sua participação nesta pesquisa pode ajudar professores (as) a pensar melhor no planejamento das aulas e de como desenvolver as atividades para que você e seus colegas possam aprender muito mais, assim, contribuindo para a sua formação pessoal.

✓ **PRIVACIDADE E CONFIDENCIALIDADE:** quanto aos dados dos questionários, das atividades, gravações de áudio e imagens fornecidas, são garantidas a privacidade e a confidencialidade. Todos os registros serão codificados, garantido que não sejam reveladas as identidades. Somente o pesquisador saberá da sua identidade e me comprometo a manter tudo em segredo.

✓ **ACESSO A RESULTADOS DA PESQUISA:** você, participante de pesquisa, se solicitado, tem o direito de ter acesso aos resultados da pesquisa ou, quando for o caso, aos resultados dos formulários e atividades desenvolvidas por você. Quando terminada a pesquisa, podemos te contar o que descobrimos, os resultados das atividades e da pesquisa.

✓ **CUSTOS ENVOLVIDOS PELA PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA:** você não terá custo algum para participar desta pesquisa; saiba que você não irá arcar com as despesas, isso é de inteira responsabilidade do pesquisador. Se, porventura, você tiver gastos com material, transporte e alimentação, incluindo seu acompanhante (se necessário), decorrente da participação na pesquisa, eles serão reembolsados pelo pesquisador. A pesquisa também não envolve compensações financeiras, ou seja, você não poderá receber pagamento para participar.

✓ **DANOS E INDENIZAÇÕES:** Se lhe ocorrer qualquer problema ou dano pessoal durante a pesquisa, lhe será garantido o direito à assistência médica imediata, integral e gratuita, às custas do pesquisador responsável, com possibilidade de indenização, caso o dano seja decorrente da pesquisa (por meio de vias judiciais Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954).

### **Consentimento do participante**

Eu, abaixo assinado, declaro que concordo em participar desse estudo como voluntário(a). Fui informado(a) e esclarecido(a) sobre o objetivo da pesquisa, li, ou foram lidas para mim, as informações sobre os procedimentos envolvidos, os possíveis riscos e benefícios da minha participação e esclareci todas as minhas dúvidas.

Sei que posso me recusar a participar e retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto me cause qualquer prejuízo, penalidade ou responsabilidade. Autorizo o uso dos meus dados de pesquisa, sem que a minha identidade seja divulgada.

Recebi uma via deste documento com todas as páginas rubricadas e a última assinada por mim e pelo Pesquisador Responsável.

Nome do(a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Local e data: \_\_\_\_\_

#### **Declaração do pesquisador**

Declaro que obtive, de forma apropriada, esclarecida e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste participante para a participação neste estudo. Entreguei uma via deste documento com todas as páginas rubricadas e a última assinada por mim ao participante, e me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do Pesquisador Responsável: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

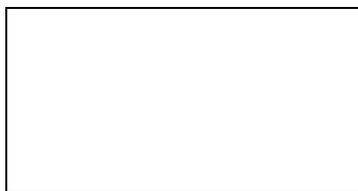
Local/data: \_\_\_\_\_

Nome do auxiliar de pesquisa/testemunha quando aplicável:

\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Local/data: \_\_\_\_\_



Assinatura Datiloscópica (quando não alfabetizado)

APÊNDICE C – Termo de assentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE**

Olá,

Faço parte de um grupo de cientistas!

Me chamo **ELIEL CARDOSO DOS SANTOS**, e trabalho no Colégio Estadual de Tempo Integral de Itamira. Estamos aqui para conversar com você e o adulto que te acompanha. Vem com a gente!

**Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa que se chama: A ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO POTENCIAL PARA A APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS.**

**Este documento serve para você ficar a par de tudo sobre a pesquisa e o que irá ocorrer nela. Não se esqueça que qualquer dúvida é só perguntar ao pesquisador ou ao seu responsável.**

Sua contribuição é importante, porém você não deve participar, se não quiser. Você decidirá se participará ou não.

Seus responsáveis também precisarão autorizar! Iremos conversar com ele/a e explicar, vocês dois terão que concordar.

Antes de decidir, é importante que você entenda por que esta pesquisa está sendo realizada e como será desenvolvida.

Mesmo se aceitar agora, pode mudar de ideia a qualquer momento e dizer que não quer mais fazer parte. Você nem seus responsáveis serão prejudicados de nenhuma forma, caso esteja em tratamento, e nem você, nem seus pais precisarão pagar nada para participar.

**Por que esta pesquisa está sendo realizada?** Ela está sendo feita para desenvolver uma Sequência Didática, considerando o funcionamento neuronal da atenção seletiva para auxiliar na aprendizagem da noção de Funções Orgânicas Oxigenadas (FOO) de estudantes do 3º ano do Ensino Médio (EM) de uma escola pública. Isso porque queremos entender se os estudantes conseguem desenvolver atenção e seleção quando estão aprendendo o conteúdo de função orgânica oxigenada, também queremos saber como é que acontece essa aprendizagem no cérebro.

**Quem pode participar?** Somente poderão participar da pesquisa os estudantes que estiverem matriculados no Colégio Estadual de Tempo Integral de Itamira (CETII) do 3º ano do Ensino Médio e que estejam dispostos a participar. O motivo de serem esses estudantes é que o conteúdo que será estudado é ensinado neste ano.

**O que vai acontecer durante a pesquisa?** Se você quiser participar, teremos quatro momentos: o primeiro será para que você responda questionários sobre os seus conhecimentos a respeito do conteúdo que será estudado, que são as Funções Orgânicas. Esse momento tem por objetivo levantar dados sobre os conhecimentos prévios e as dificuldades na noção de Funções Orgânicas, assim como a disponibilidade e o emprego da atenção seletiva durante as aplicações de questionários e atividades; no segundo momento, estaremos juntos para desenvolver atividades didáticas semelhantes às que você costuma fazer sozinho ou com seus colegas, proposta pelo seu professor(a), neste momento haverá registro de áudio e vídeo de acesso exclusivo do pesquisador, para analisar o andamento das atividades, e ninguém mais terá acesso às gravações. O terceiro momento consiste no desenvolvimento de atividades sobre o conteúdo, essas atividades são semelhantes às do segundo momento. O quarto momento será para responder questionários sobre o que achou da atividade, o que aprendeu e sua opinião. Saiba que você e seu responsável não arcarão com as despesas, pois é de responsabilidade do pesquisador, portanto, todo o material necessário será fornecido para o desenvolvimento das atividades.

**Quais são os riscos ao participar?** É importante que você saiba que, durante a pesquisa, pode sentir desconforto ao fornecer informações sobre o que aprendeu e as dificuldades que teve para responder às atividades que serão propostas sobre o conteúdo.

**Mas não se preocupe! Vamos tomar todos os cuidados possíveis.** Vamos deixá-los bem à vontade para responder aos questionários e atividades com calma, sem pressão, e esclarecer as dúvidas sempre que for possível. Você tem a liberdade de não querer participar se não se sentir bem. O fato de desistir não te deixará prejudicado. Tomaremos todas as medidas para que os riscos sejam o mínimo possível e para que seja respeitado nas suas particularidades.

**Participar desta pesquisa pode ser bom, pois** irá aprender sobre as Funções Orgânicas Oxigenadas e para seu desenvolvimento pessoal, assim a interação com os colegas, e melhorar suas avaliações. Além disso, sua participação pode ajudar professores(as) a planejarem melhor as aulas e a desenvolverem as atividades que possam contribuir para a sua formação pessoal.

### **IMPORTANTE**

Ninguém saberá sobre as suas informações e seu nome jamais será divulgado. Somente o pesquisador e/ou equipe de pesquisa saberão da sua identidade, nós prometemos manter tudo em segredo.

Acesso a resultados parciais ou finais da pesquisa: Quando a pesquisa terminar, podemos te contar o que descobrimos, os resultados dos exames e da pesquisa. Você, como participante da pesquisa, tem o direito, caso solicite, de ter acesso aos resultados da pesquisa ou, se for o caso, aos resultados dos formulários e atividades desenvolvidas por você.

E aí, quer participar? Faça um x na sua opção.



**Sim** ( )



**Não** ( )

↳ Se você marcou sim, por favor assine aqui:

### **Declaração do participante**

Eu, \_\_\_\_\_, aceito participar da pesquisa. Entendi as informações importantes da pesquisa, sei que posso desistir de participar a qualquer momento e que isto não irá causar nenhum outro problema. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo, mantendo em sigilo a minha identidade. Os pesquisadores conversaram comigo e tiraram minhas dúvidas.

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

**Acesso à informação**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável, ELIEL CARDOSO DOS SANTOS, nos telefones (75) 3448-1132, celular (75) 99931-6724, no endereço Rua Antônio Alves, nº 001, Itamira, Distrito de Aporá, Estado da Bahia, CEP 48.355-000 e e-mails ellyelcardosinho@hotmail.com ou elielcardoso@academico.ufs.br. Este estudo foi analisado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, ou se estiver insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Sergipe, situado na Rua Cláudio Batista, S/N, Bairro: Sanatório, Aracaju, SE, CEP: 49.060-110. O contato pode ser realizado por e-mail: cep@academico.ufs.br ou pelo telefone: (79) 3194-7208, de segunda a sexta-feira, das 07:00 às 12:00h.

**Declaração do pesquisador**

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o assentimento deste participante para a sua participação neste estudo. Declaro também o meu compromisso em cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Local/data: \_\_\_\_\_



Assinatura Datiloscópica (se não alfabetizado)

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

APÊNDICE D – Reconhecimentos preliminares sobre as Funções Orgânicas Oxigenadas e o ensino atual de química

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos		
<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023	

**TE1** - Reconhecimentos preliminares sobre as Funções Orgânicas Oxigenadas e o ensino atual de química

**Questionários a respeito dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca das Funções Orgânicas Oxigenadas**

1. A Química Orgânica é uma área de conhecimento da Química dedicada ao estudo dos compostos de carbono, também conhecidos como compostos orgânicos. Sobre esse elemento químico, o carbono, responda: quais as propriedades do carbono?

---



---



---



---



---

2. As moléculas orgânicas são compostos que contêm carbono e são a base da vida na Terra. Há uma grande diversidade de Funções Orgânicas, cada uma com propriedades e características únicas. Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?

---



---



---



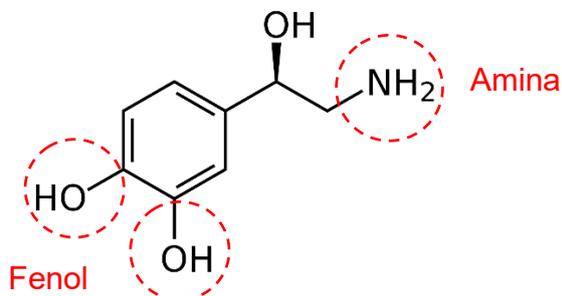
---



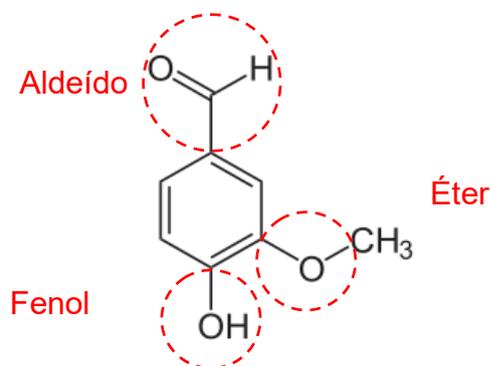
---

3. A noradrenalina é um importante composto químico, um neurotransmissor de caráter excitatório do sistema nervoso que afeta a atenção e as ações de resposta no

cérebro, ou seja, está relacionada com a regulação do estado de alerta. No corpo, ela contrai os vasos sanguíneos e se relaciona com os processos cognitivos de aprendizagem, criatividade e memória. Abaixo está representada uma molécula desse neurotransmissor, circule às Funções Orgânicas de seu conhecimento e ao lado escreva o nome da função.



4. (Adaptado de UFV-MG) A vanilina, representada abaixo, é uma substância aromatizante com sabor de baunilha, utilizada no preparo de pães, bolos e doces.



Analisando a representação da fórmula estrutura de uma molécula da vanilina, circule as funções oxigenadas presentes na estrutura e, ao lado, escreva o nome da função.

5. As principais Funções Orgânicas oxigenadas são álcool, éter, éster, aldeídos, cetona, ácido carboxílico e fenol. Essas funções estão presentes em muitos dos produtos e substâncias que utilizamos no nosso dia a dia. Cite cinco produtos que você utiliza no seu cotidiano que apresentam essas funções, indique a função presente.

---



---



---



---



---

### Questionários a respeito do ensino atual de Química Orgânica

6. Neste ano de 2023, você já estudou as Funções Orgânicas Oxigenadas?

(      ) Sim      (      ) Não

Em caso de ter respondido “sim”, quais as Funções Orgânicas?

---

---

---

---

---

Em caso de ter respondido “não”, quais os conteúdos de Química Orgânica que você estudou? Cite-os.

---

---

---

---

---

7. No ensino dos conteúdos de Química, quais dos recursos didáticos o(a) professor(a) utilizou? Assinale com um X.

- (      ) Quadro branco;
- (      ) Projetor multimídia (slide, apresentação em PowerPoint e similares);
- (      ) Livros e materiais impressos (apostila, livros-texto, ficha de exercícios);
- (      ) Jogos educativos (concreto e virtual);
- (      ) Softwares educativos (aplicativos, simuladores, realidade virtual aumentada);
- (      ) Material manipuláveis (modelos moleculares, maquetes, objetos concretos);
- (      ) Recursos audiovisuais (filmes, vídeos, podcasts, áudios, documentários);
- (      ) Redes sociais (WhatsApp, Instagram, Facebook, Tik Tok e outros);
- (      ) Laboratórios de ciências (experimentos)

8. Descreva, com riqueza de detalhes, como os conteúdos da Química Orgânica tem sido realizados.

---

---

---

---

---

9. Você teve alguma dificuldade no aprendizado dos conteúdos de Química Orgânica que já foram estudados? Se teve, explique com detalhes quais foram essas dificuldades.

---

---

---

---

---

10. Com relação ao livro didático atual, ele é utilizado durante as aulas de química? Caso sim, poderia explicar com maiores detalhes como esse recurso didático é utilizado? No caso de não utilizar, poderia explicar o porquê?

---

---

---

---

---

## APÊNDICE E – Registro das análises das situações observadas

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do(a) aluno(a):</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

### Protocolo 01

1. Estabeleça a relação entre os produtos ou situações exibidas no vídeo e as Funções Orgânicas Oxigenadas. Em seguida, aponte a função que você acredita estar presente para cada produto ou situação.

---



---



---



---

2. Das situações apresentadas, qual delas mais chamou a sua atenção? Por favor, identifique a situação específica e explique por que ela despertou o seu interesse.

---



---



---



---

3. Durante a apresentação do vídeo, você conseguiu manter sua atenção sem interrupções, ou houve algum momento de distração? Em caso de distração, você poderia indicar a causa? Qual foi a razão por trás da distração? Se você conseguiu manter sua atenção, a que atribuiu?

---



---



---



---

## APÊNDICE F – Breve histórico da Química Orgânica e das Funções Orgânicas Oxigenadas

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos		
<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023	

### Breve histórico da Química Orgânica e das Funções Orgânicas Oxigenadas

#### Introdução à Química Orgânica

O termo “orgânico” foi inicialmente associado a substâncias originadas de organismos animais ou vegetais. Esse termo surgiu há mais de 200 anos para se referir a compostos químicos produzidos por organismos vivos.

Desde a Pré-História, já eram conhecidos processos de fermentação, nos quais microrganismos desempenham um papel fundamental, como na fermentação do açúcar para a produção de álcool. Além disso, também já eram conhecidos os processos de conservação de alimentos, embalsamamento de cadáveres e fabricação de tintas a partir de corantes vegetais, entre outros.

Diversos químicos demonstraram interesse específico em estudar essas substâncias ao longo da história. Um exemplo é Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), um químico e boticário sueco do século XVIII que conseguiu separar várias substâncias orgânicas de produtos naturais, entre 1769 e 1786.

É dele a descoberta e caracterização do gás oxigênio, em 1771. Porém, o reconhecimento é atribuído ao cientista estadunidense Joseph Priestley, ao tornar pública essa descoberta realizada em 1774, possibilitando um maior entendimento sobre os compostos orgânicos que contenham esse elemento, o oxigênio.



Conhecimento prático de manipulação de substâncias orgânicas existe há muito tempo.

O **sabão** caseiro era produzido desde a Antiguidade, utilizando-se a gordura animal e um produto originário de cinzas de madeira queimada.

#### Desenvolvimento da Química Orgânica

Em 1807, o químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) propôs uma classificação para as substâncias, dividindo-as em dois grupos: orgânicas e

inorgânicas. Atualmente, a **Química Orgânica é o ramo da Química que estuda os compostos que contêm carbono.**

Existem algumas substâncias que, embora contenham carbono, não são consideradas substâncias orgânicas. As mais importantes são o grafite, o diamante, o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), o ácido cianídrico (HCN) e os carbonatos e cianetos (sais derivados de ácido carbônico e do ácido cianídrico), como, por exemplo, carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e Cianeto de sódio (NaCN). Boa parte dessas substâncias já era conhecida e estudada antes mesmo que surgisse a Química Orgânica.

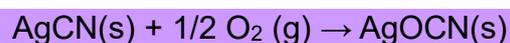
Cientistas como Berzelius acreditavam que as substâncias orgânicas eram extraídas de seres vivos e tinham uma força vital. Isso levava a crença de que não era possível criar essas substâncias a partir de materiais inorgânicos. Essas substâncias inanimadas passaram a ser chamadas de substâncias inorgânicas, assim difundiu-se a **Teoria da Força Vital.**

Durante muito tempo, os químicos buscaram entender a diferença entre substâncias orgânicas e inorgânicas. Atualmente, sabe-se que as propriedades caracterizadoras do poder de transformação das substâncias orgânicas estão relacionadas à presença de cadeias carbônicas, compostas por átomos de carbono. A classificação proposta por Berzelius entre substâncias orgânicas e inorgânicas ainda é utilizada, agora considerando a presença de cadeias carbônicas, em vez da origem da substância.

### A síntese da ureia

A Química Orgânica, como a conhecemos hoje, começou com a síntese da ureia. Em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), ex-aluno de Berzelius, realizou uma descoberta de forma acidental, considerada impactante para a época. Ele procurava preparar o cianeto de amônio NH<sub>4</sub>CNO(s), a partir do cianeto de prata AgCN(s), e do cloreto de amônio NH<sub>4</sub>Cl(s) - dois sais tipicamente inorgânicos -, de acordo com o seguinte procedimento:

1) O cianeto de prata AgCN(s) era aquecido na presença de oxigênio do ar O<sub>2</sub>(g), formando o cianato de prata AgOCN(s).



2) Em seguida, o cianato de prata AgOCN(s) era tratado com solução de cloreto de amônio NH<sub>4</sub>Cl(aq), produzindo



Pela importância de suas contribuições, **Jöns Jacob Berzelius** [1779-1848] é também considerado, após Lavoisier, o pai da Química.

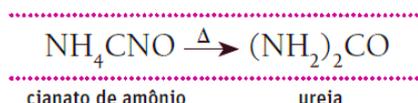


Friedrich Wöhler formou-se médico em 1823, aos 23 anos, mas não chegou a exercer a profissão, voltando-se para a pesquisa científica. Em 1827, desenvolveu um método para obter alumínio metálico; porém, esse método era caro e muito complexo, de modo que o alumínio chegou a ser vendido na época por 220 dólares o quilograma.

precipitado de cloreto de prata  $\text{AgCl}(\text{ppt}^{28})$ , e cianato de amônio em solução  $\text{NH}_4\text{CNO}(\text{aq})$ .



3) A solução era filtrada e evaporada, restando apenas o cianato de amônio sólido. Porém, ao ser aquecido, o cianato de amônio se transformou em cristais brancos que Wöhler logo reconheceu como ureia, a mesma substância que ele extraía com frequência da urina (de cachorro e humana) para utilizar em seus experimentos.



Wöhler descreveu o resultado inesperado como: “Um fato notável, uma vez que representa um exemplo da produção artificial de uma substância orgânica de origem animal a partir de substâncias inorgânicas”, o que ia diretamente contra a teoria do vitalismo que imperava na época. Segundo essa teoria, formulada por Berzelius, os compostos orgânicos só podiam ser sintetizados por organismos vivos.

Inicialmente, muitos químicos questionaram essa síntese. Porém, em 1845, o químico alemão Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884) demonstrou a síntese de ácido acético ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ) a partir de substâncias inorgânicas, o que confirmou definitivamente a derrubada da teoria da força vital. Atualmente, a Química Orgânica é conhecida como a parte da Química que estuda a maioria dos compostos formados pelo elemento carbono.

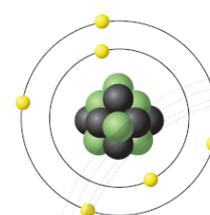
### O carbono: características e propriedades

O carbono é a base da Química Orgânica. A possibilidade da diversidade tão grande de substâncias orgânicas se deve às características marcantes do átomo de carbono que apresenta quatro elétrons no nível mais externo. Essa característica faz dele o átomo ideal para ligações covalentes de diferentes tipos, além da facilidade dos átomos de carbono se unirem para formar cadeias carbônicas de variados tamanhos e formas (abertas, fechadas e ramificadas).

Em 1857, Friedrich August Kekulé (1829-1896), baseando-se em estudos experimentais, propôs e confirmou a tetravalência do carbono, ou seja, a capacidade de fazer quatro ligações covalentes:

- Quatro ligações simples;
- Duas ligações simples e uma dupla;
- Uma ligação simples e uma tripla;
- Duas ligações duplas.

Observe nas representações ao lado.



Esquema estrutural

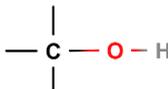
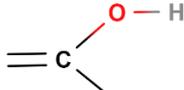
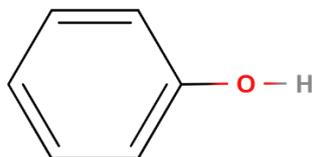
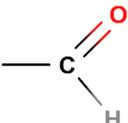
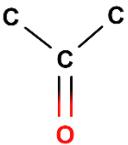
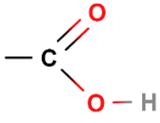
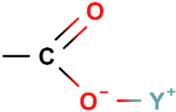
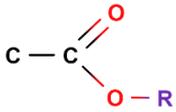


<sup>28</sup> Parte por trilhão



**enóis, fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, sais orgânicos, anidridos orgânicos e ésteres**, que dão origem a inúmeros compostos que constituem vários produtos que usamos em nosso dia a dia, como cosméticos, cabos de panela, remédios, solventes, aromatizantes de alimentos, temperos.

Para cada um desses grupos orgânicos oxigenados, existe um conjunto de átomos que os caracterizam, conforme apresentado no quadro a seguir.

Função orgânica	Grupo funcional	Características da função orgânica
Álcool		Presença de um grupo hidroxila (OH) ligado a um carbono saturado.
Enol		Presença de um grupo hidroxila (OH) ligado a um carbono insaturado.
Fenol		Presença de um grupo hidroxila (OH) ligado a um anel aromático ou benzênico.
Éter		Presença de um átomo de oxigênio ligado a dois grupos de carbono.
Aldeído		Presença de um grupo carbonila (C=O) ligado a um carbono saturado e um hidrogênio.
Cetona		Presença de um grupo carbonila (C=O) ligado a dois carbonos.
Ácido carboxílico		Presença do grupo carboxila (COOH), que consiste em um grupo carbonila (C=O) ligado a um grupo hidroxila (OH).
Sal orgânico		Presença de um íon carboxilato ligado a um cátion metálico ou amônio, representado pela letra Y.
Anidrido orgânico		Presença do grupo funcional R-C(O)-O-C(O)-R', onde R e R' são grupos orgânicos ligados ao carbono.
Éster		Presença do grupo éster (C=O-O-R), que consiste em um grupo carbonila (C=O) ligado a um oxigênio, que por sua vez está ligado a um grupo alquila (R).

A história das funções orgânicas oxigenadas remonta ao século XIX, quando os cientistas começaram a investigar a composição e as propriedades dos compostos orgânicos. Na época, os compostos oxigenados mais conhecidos eram os álcoois, que foram identificados e isolados pela primeira vez no século XVII.

Robert Boyle (1627-1691) foi um dos primeiros cientistas a investigar a presença de oxigênio em compostos orgânicos, realizando experimentos sobre a combustão. Além de Boyle, outros cientistas como Jacob Berzelius contribuiu para o entendimento da composição química dos compostos orgânicos oxigenados, desenvolvendo métodos de análise e classificação dessas substâncias.

A partir do século XIX, os cientistas começaram a estudar outras funções orgânicas oxigenadas, como os aldeídos e as cetonas. O químico alemão August Kekulé foi um dos primeiros a estudar as cetonas e a propor estruturas químicas para esses compostos, e Justus von Liebig (1803-1873) também estudou a estrutura e reatividade dos compostos orgânicos oxidados, ampliando o conhecimento sobre essas funções.

No final do século XIX e início do século XX, a Química Orgânica passou por um avanço significativo, com a descoberta de novas funções orgânicas oxigenadas, como os éteres, os ésteres e os ácidos carboxílicos. Em meados desse século, Alexander William Williamson (1824-1904) propôs a síntese de éteres por meio da reação de álcoois com álcalis, conhecida como síntese de Williamson. Os cientistas começaram a explorar as propriedades e reatividade desses compostos, bem como suas aplicações industriais e no campo da medicina.

A partir da década de 1950, com o desenvolvimento da espectroscopia e outras técnicas analíticas, os cientistas puderam estudar mais profundamente as funções orgânicas oxigenadas, identificando diferentes tipos de grupos funcionais e aprofundando o conhecimento sobre suas propriedades e reatividade.

Ao longo do tempo, várias aplicações foram encontradas para as funções orgânicas oxigenadas. Álcoois, por exemplo, são amplamente utilizados como solventes, combustíveis e intermediários na produção de outros compostos. Éteres são usados como solventes, anestésicos e como aditivos de combustíveis. Aldeídos e cetonas são essenciais na produção de plásticos, resinas e fragrâncias.

Em resumo, a história das Funções Orgânicas Oxigenadas é marcada por descobertas e avanços científicos ao longo dos séculos XIX, XX e XXI, resultando em uma melhor compreensão desses compostos e em aplicações práticas em vários campos da ciência e indústria.

## REFERÊNCIAS:

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

LISBOA, Julio Cezar Foschini *et al.* **Ser Protagonista**: Química, 3. ed., v. 3. São Paulo: Edições SM, 2016. (Coleção ser protagonista).

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite de. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza. **Química cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, v. 3, 2013.

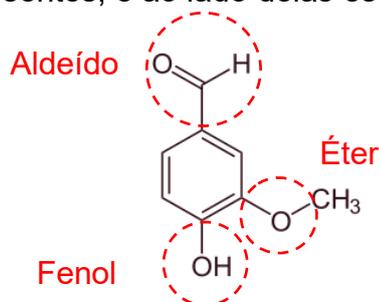
## APÊNDICE G – Reconhecimento das Funções Orgânicas Oxigenadas

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

**TE2** - Reconhecimento das Funções Orgânicas Oxigenadas

1. (UDESC - Adaptado) Você provavelmente já mascarou um chiclete de etanoato de isoamila, comeu uma gelatina de butanoato de butila ou um biscoito de valerato de isoamila. Esses são nomes de compostos químicos que dão aos produtos aroma de banana, abacaxi e maçã, respectivamente. Esses compostos químicos pertencem à função éster e são também conhecidos como Flavorizantes. Além dos ésteres, outras classes de compostos também são usadas como aromatizantes em produtos alimentares. Um exemplo é a vanilina, que é um produto natural extraído da essência da baunilha, uma espécie de orquídea, e é empregado em confeitarias (indústria de alimentos).

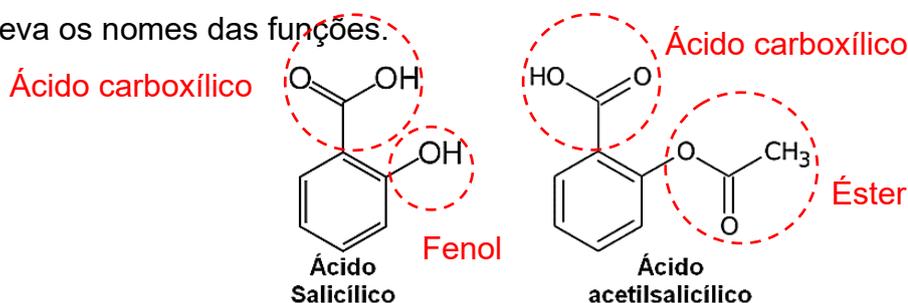
A fórmula estrutural da vanilina é dada a seguir. Identifique com círculos as funções orgânicas presentes, e ao lado delas escreva os nomes das funções.



2. (UFSJ – Adaptado) O ácido salicílico é precursor de uma família de analgésicos, particularmente do ácido acetilsalicílico, mais conhecidos como aspirina, com pequena aplicação medicinal, devido ao seu efeito irritante no estômago. Este efeito se deve ao grupo OH ligado ao anel aromático, que lhe confere caráter corrosivo. Para resolver o problema, um químico alemão raciocinou que, se convertesse o OH preso

ao anel aromático num grupo acetil, poderia reduzir as características irritantes do ácido salicílico e conservar, ao mesmo tempo, suas propriedades analgésicas. Assim nasceu a aspirina. Observe atentamente as fórmulas estruturais do ácido salicílico e do ácido acetilsalicílico representados abaixo.

Identifique com círculos todas as funções orgânicas presentes, e ao lado delas escreva os nomes das funções.



3. (UNAERP - Adaptado) Cães farejadores são usados para detectar a presença de drogas em bagagens nos aeroportos. Sabendo que a cocaína é um composto sólido contaminado por alguns solventes usados em sua purificação, entre eles a propanona, e que os cães conseguem farejar com mais facilidade essa substância do que a cocaína. A seguir está representada a fórmula estrutural da propanona. Qual a função orgânica presente na propanona e a sua fórmula molecular?

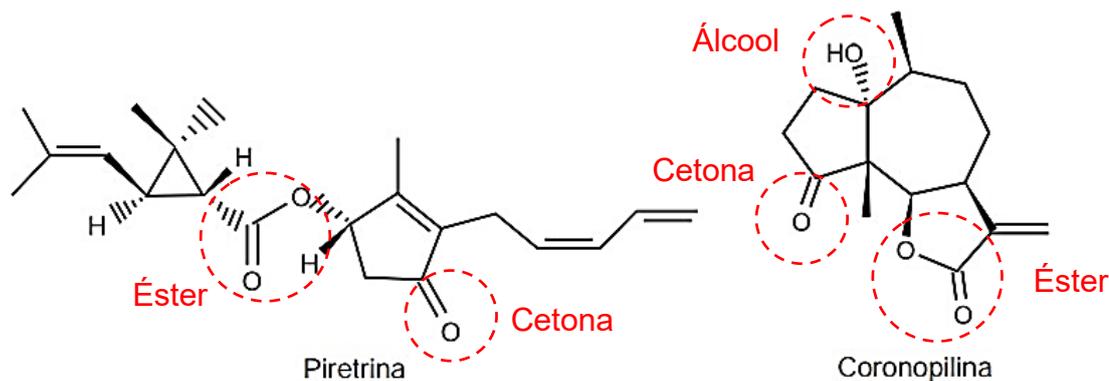
Função: cetona

Fórmula molecular: C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O



4. (ENEM 2012 - Adaptado) A produção mundial de alimentos poderia se reduzir a 40% da atual sem a aplicação de controle sobre as pragas agrícolas. Por outro lado, o uso frequente dos agrotóxicos pode causar contaminação em solos, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera e alimentos. Os biopesticidas, tais como a piretrina e a coronopilina, têm sido uma alternativa na diminuição dos prejuízos econômicos, sociais e ambientais gerados pelos agrotóxicos.

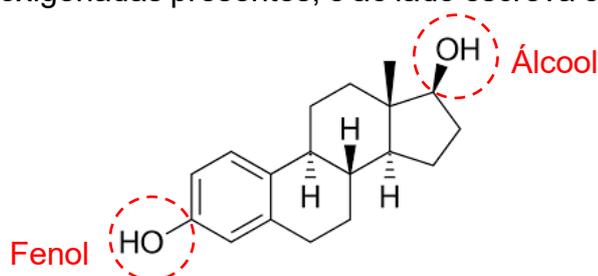
Identifique com círculos as funções orgânicas oxigenadas e dê os nomes das funções presentes nas estruturas dos dois biopesticidas apresentados.



5. O estradiol é um hormônio estrogênio, produzido principalmente pelos ovários, ele é responsável pela regulação do ciclo menstrual, estimulando o crescimento do endométrio

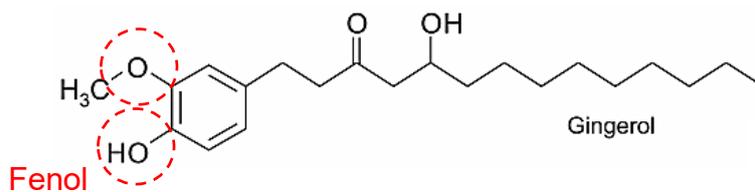
o (camada interna do útero) durante a fase proliferativa do ciclo. Ele desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e funcionamento do sistema reprodutivo feminino. Além disso, o estradiol promove o desenvolvimento dos órgãos sexuais femininos, como as mamas, e desempenha um papel na manutenção da densidade óssea e na saúde cardiovascular.

A fórmula estrutural desse hormônio é dada a seguir. Identifique com círculos as funções orgânicas oxigenadas presentes, e ao lado escreva os nomes das funções.

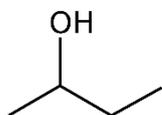


6. (PUC – Adaptado) A presença de certos grupos funcionais em alguns compostos é responsável pelas sensações ardente, adstringente e refrescante, também denominadas sabores, que sentimos quando ingerimos determinados alimentos. A estrutura a seguir refere-se ao gingerol, substância encontrada no gengibre, responsável pela sensação ardente quando ingerida. Quais funções estão presentes na molécula de gingerol? Circule-as e dê o nome das funções.

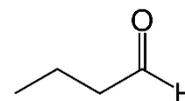




7. Dê o nome aos seguintes compostos:



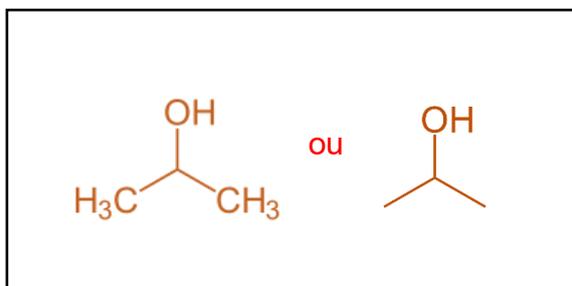
Butan-2-ol



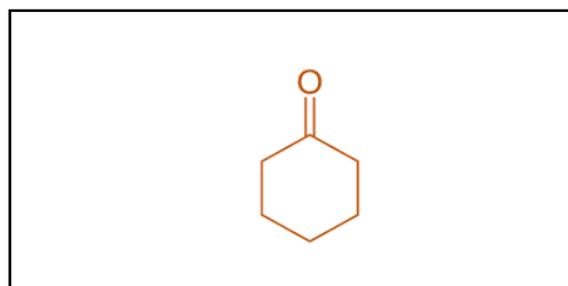
butanal

8. Escreva a fórmula estrutural dos seguintes compostos:

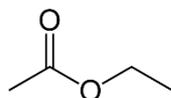
Propano-2-ol



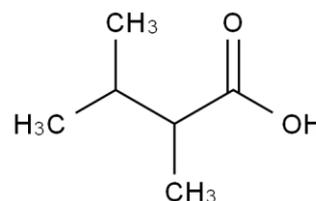
Ciclo-hexanona



9. Dê o nome aos seguintes compostos:



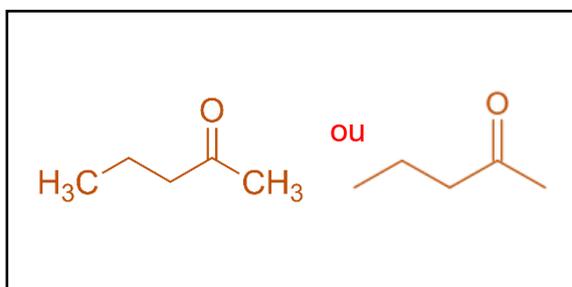
Acetato de etila



Ácido 2,3-dimetil-butanoico

10. Escreva a fórmula estrutural dos seguintes compostos:

Pentan-2-ona



etoxietano



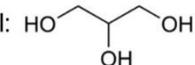
## APÊNDICE H – Slides com imagens de produtos relacionadas às FOO.

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE</b> <b>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA</b> <b>MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA</b> Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

## Slides utilizados na Atividade 05

## Slide 1

## Glicerol

Fórmula molecular:  $C_3H_8O_3$ Fórmula estrutural: 

O glicerol, também conhecido como glicerina ou glicerina de propanotriol, é um líquido incolor, inodoro e de sabor doce. É encontrado na natureza em algumas gorduras e óleos vegetais e animais.

Na indústria farmacêutica, o glicerol é utilizado como um agente umectante, que ajuda a manter a umidade dos medicamentos e evita que eles sequem.

Na indústria cosmética, é encontrado em diversos produtos, como cremes hidratantes, loções corporais, produtos para o cabelo e sabonetes, devido às suas propriedades hidratantes e emolientes.

Na indústria alimentícia, é utilizado como aditivo, contribuindo para a textura e doçura de alguns produtos. Também é utilizado como um agente de umectação em alimentos secos para evitar que fiquem ressecados.

É utilizado como um líquido refrigerante em sistemas de refrigeração e também como ingrediente em produtos antissépticos, como enxaguantes bucais.

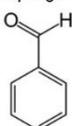
Em termos de segurança, o glicerol é considerado uma substância de baixa toxicidade e é geralmente seguro para uso em produtos de consumo quando utilizado de acordo com as diretrizes estabelecidas.

## Slide 2

## Benzaldeído

Fórmula molecular:  $C_7H_6O$ 

Fórmula estrutural:



O benzaldeído, também conhecido como aldeído benzóico ou benzenocarbaldeído, é um líquido incolor com um aroma característico de amêndoa. Ele é amplamente utilizado na indústria de alimentos e fragrâncias, devido ao seu aroma agradável. Além disso, o benzaldeído é utilizado como intermediário na síntese de vários produtos químicos, como ácidos benzóicos.

Na indústria de alimentos, o benzaldeído é usado como aroma artificial de amêndoa em produtos como bolos, biscoitos e chocolates. No entanto, é importante destacar que o benzaldeído também pode ser encontrado naturalmente em certos alimentos, como amêndoas, cerejas e pêssegos.

Além da indústria de alimentos e fragrâncias, o benzaldeído também encontra aplicações na indústria farmacêutica. Ele é usado como um intermediário na síntese de produtos químicos farmacêuticos, como a amoxicilina, um antibiótico amplamente utilizado.

Embora o benzaldeído seja geralmente considerado seguro para uso em alimentos e produtos de consumo, é importante observar que ele pode causar irritação da pele, olhos e sistema respiratório em concentrações elevadas. Portanto, é essencial manuseá-lo com cuidado e seguir as precauções de segurança recomendadas.

## Slide 3

## Acetona

Fórmula molecular:  $C_3H_6O$ 

Fórmula estrutural:



É um líquido volátil, inflamável e com um odor característico adocicado. É amplamente utilizado como solvente em várias indústrias, como na indústria farmacêutica, de cosméticos, de limpeza e de tintas.

**Aplicações industriais:** A acetona é amplamente utilizada como solvente em diversas indústrias. Ela é usada como diluente em tintas e vernizes, removedor de esmalte de unhas, componente de adesivos e colas, desengordurante, entre outros.

**Uso na indústria farmacêutica:** A acetona também é usada como solvente na produção de medicamentos e produtos farmacêuticos. Ela é utilizada para extrair substâncias ativas de plantas, como na produção de algumas formas de insulina, antibióticos e vitaminas.

**Uso na indústria de cosméticos:** Encontrada em removedores de maquiagem e produtos para unhas, a acetona é responsável por dissolver resíduos de esmaltes de unhas e outros produtos cosméticos.

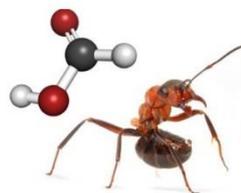
**Riscos à saúde:** A exposição prolongada ou em altas concentrações de acetona pode causar irritação nos olhos, nariz e garganta. A inalação excessiva pode levar a efeitos nocivos no sistema nervoso central. Também é importante evitar o contato com a pele, pois pode resultar em irritações e ressecamento.

## Slide 4

## Ácido metanoico

Fórmula molecular:  $CH_2O_2$ 

Fórmula estrutural:



O ácido metanoico, também conhecido como ácido fórmico, está presente na picada de formigas e causador da irritação e ardência em nossa pele. Indústria de alimentos: O ácido metanoico é utilizado como aditivo alimentar para inibir o crescimento de microorganismos e fungos em alimentos e rações animais.

**Agricultura:** É utilizado como conservante de alimentos para animais, subprodutos de carne e silagens.

**Indústria têxtil:** É utilizado para preparar soluções de tingimento e como fixador de corantes em tecidos.

**Agentes de limpeza:** É utilizado na produção de produtos de limpeza, como desinfetantes e desengordurantes.

**Indústria de cosméticos:** É utilizado em cremes, loções e produtos para a pele como um agente desodorante, antimicrobiano e antifúngico.

**Indústria química:** É utilizado na síntese de outros compostos orgânicos, como formaldeído, resinas e produtos farmacêuticos.

**Segurança e precauções:**

O ácido metanoico é corrosivo, inflamável e tóxico quando é inalado, ingerido ou absorvido pela pele. Por isso, deve ser manuseado com cuidado e em áreas bem ventiladas.

Em caso de inalação, contato com a pele ou olhos, é necessário buscar ajuda médica imediatamente.

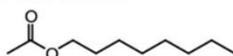
É importante armazenar o ácido metanoico em recipientes seguros, longe de outras substâncias incompatíveis, como oxidantes.

## Slide 5

## Acetato de octila

Fórmula molecular:  $C_{10}H_{20}O_2$ 

Fórmula estrutural:



É uma substância líquida incolor ou amarelada com odor característico. O aroma de laranja é imitado com acetato de octila. É amplamente utilizado como solvente em indústrias de tintas, vernizes e produtos de limpeza.

É também utilizado na produção de perfumes, fragrâncias, colônias e produtos de cuidados pessoais devido ao seu aroma agradável e volatilidade moderada.

Pode ser encontrado em produtos farmacêuticos e cosméticos, sendo usado como veículo para transportar ativos para a pele.

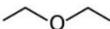
O acetato de octila pode ser utilizado como aditivo em alimentos para melhorar o sabor e aroma de produtos como bolos, doces e licores.

É utilizado como aditivo em produtos de PVC, plásticos e borrachas para melhorar a flexibilidade e resistência.

Também pode ser usado como aditivo em combustíveis para melhorar a qualidade da queima.

## Slide 6

## Éter etílico

Fórmula molecular:  $C_4H_{10}O$ Fórmula estrutural: 

O éter etílico, também conhecido como éter sulfúrico ou simplesmente éter, é um composto químico orgânico líquido incolor, altamente volátil e com um odor característico. O éter etílico é usado principalmente como solvente e anestésico.

O éter etílico é miscível com muitos solventes orgânicos, como álcool, clorofórmio, acetona e éter de petróleo. No entanto, é insolúvel em água.

Produção: O éter etílico é produzido pela reação de etanol com ácido sulfúrico concentrado. O processo envolve a adição de etanol ao ácido sulfúrico, seguido da destilação do éter etílico.

Uso: O éter etílico é amplamente utilizado como solvente na indústria química e farmacêutica. Além disso, também é usado como anestésico geral em alguns procedimentos médicos e odontológicos.

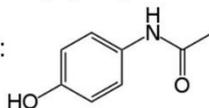
Precauções de segurança: O éter etílico é muito inflamável e deve ser manipulado com cuidado. É importante evitar a inalação de vapores de éter etílico, pois pode causar sonolência, tontura, náusea e até mesmo perda de consciência.

## Slide 7

## Paracetamol

Fórmula molecular:  $C_8H_9NO_2$ 

Fórmula estrutural:



O paracetamol é um medicamento amplamente utilizado para aliviar a dor e reduzir a febre. O seu mecanismo de ação não é completamente compreendido, mas acredita-se que ele inibe a síntese de prostaglandinas, que são substâncias responsáveis pela inflamação e dor.

O paracetamol é frequentemente usado para tratar dores de cabeça, dores musculares, dores de dente, dores menstruais e dores de artrite. Além disso, é uma opção segura para reduzir a febre, especialmente em pessoas com condições médicas sensíveis a outros anti-inflamatórios não esteroides, como a aspirina.

É importante seguir as instruções de dosagem e não ultrapassar a dose máxima diária recomendada, pois doses excessivas podem causar danos graves ao fígado. Se você tomar uma dose excessiva de paracetamol ou se suspeitar de uma overdose, é fundamental procurar assistência médica imediatamente.

APÊNDICE I – Registro das análises a respeito da percepção visual do material apresentado

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

### Protocolo 02

1. No seu entendimento, apenas as imagens de produtos ou situações apresentadas foram suficientes para você identificar qual é a função orgânica oxigenada presente? Explique quais estratégias ou caminhos utilizou para identificar.

---



---



---



---



---



---



---

2. Para cada slide apresentando, você deve identificar uma função orgânica oxigenada referida.

Slide 1 \_\_\_\_\_ Slide 2 \_\_\_\_\_

Slide 3 \_\_\_\_\_ Slide 4 \_\_\_\_\_

Slide 5 \_\_\_\_\_ Slide 6 \_\_\_\_\_

Slide 7 \_\_\_\_\_

3. Ao observar apenas a imagem do produto ou situação relacionada, a fórmula molecular e fórmula estrutural, sem saber o nome do composto orgânico oxigenado, você conseguiu identificar a função? Como?

---



---



---

---

---

---

---

4. Em quais das apresentações você teve dificuldade e quais foram mais fáceis?

---

---

---

---

---

---

---

---

5. As informações sobre o produto ou substância foram esclarecedoras para compreender o papel da função orgânica presente, ou não foram suficientes para a sua compreensão?

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Prezado estudante, registre suas reflexões acerca da experiência com essa atividade.

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Em casa, você estudou o material denominado “Funções Orgânicas Oxigenadas”? Responda de forma consciente assinalando com um X.

(     ) SIM

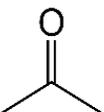
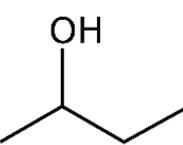
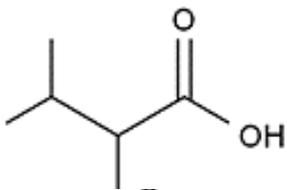
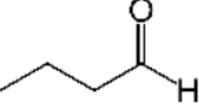
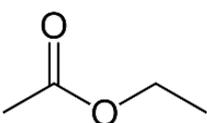
(     ) NÃO

## APÊNDICE J – Teste de formulação de compostos orgânicos oxigenados

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

## TE3 – Teste de formulação de compostos orgânicos oxigenados

Elabore as representações das seguintes moléculas de substâncias das Funções Orgânicas Oxigenadas, levando em consideração as propriedades e as disposições das funções, usando um conjunto de modelos moleculares. Após concluir a formulação, por favor, avise o pesquisador para que ele registre o modelo criado pelo grupo. Nos espaços ao lado das fórmulas estruturais, façam anotações sobre as disposições do oxigênio, a função orgânica presente e quaisquer desafios encontrados durante a construção do modelo da molécula.

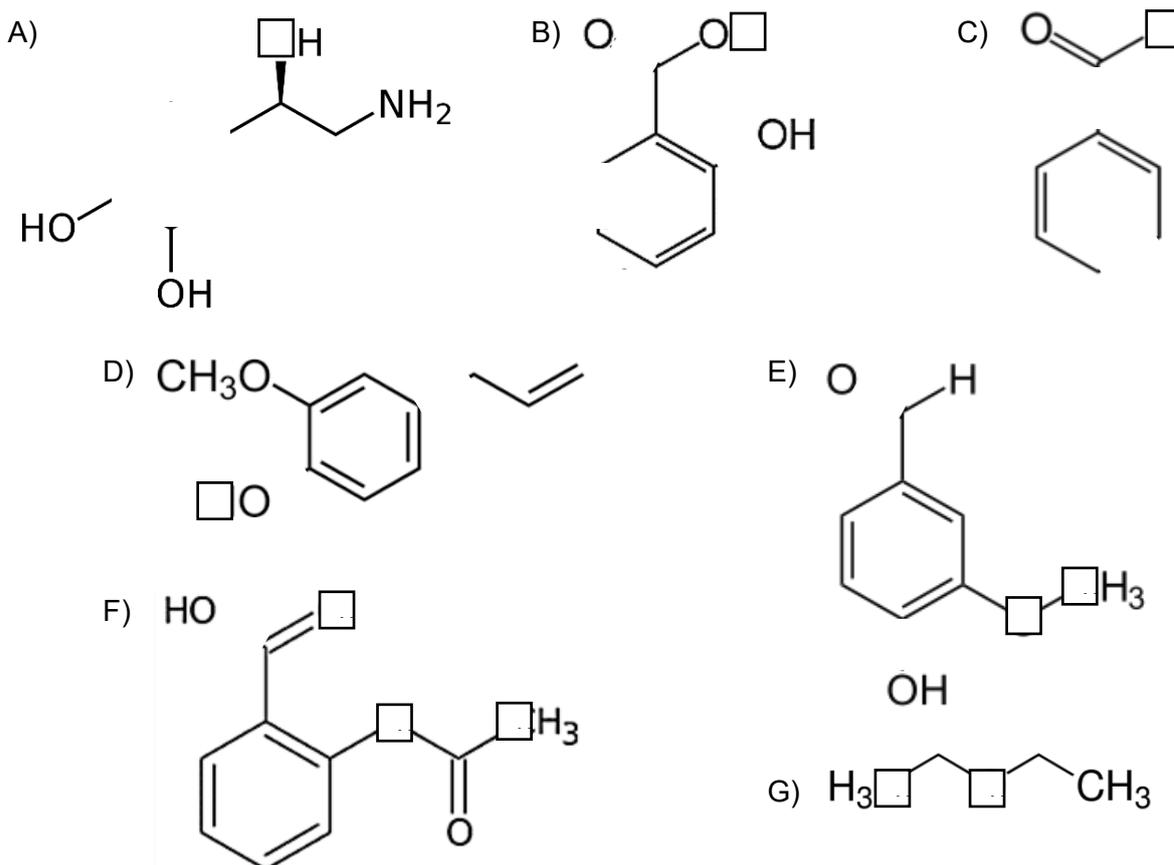
A)		
B)		
C)		
D)		
E)		

## APÊNDICE K – Teste de representação da função orgânica oculto

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023	

## TE4 – Teste de representação da função orgânica oculto

1. Apresentam-se as fórmulas estruturais de alguns compostos orgânicos oxigenados abordados durante o primeiro e segundo momento das situações didáticas. No entanto, essas estruturas encontram-se incompletas, com isso, complete-as com ligações simples e duplas. Nos quadrados, insira os símbolos dos elementos químicos correspondentes: H (hidrogênio), C (carbono) ou O (oxigênio), a formação dos grupos funcionais que caracterizam as funções.



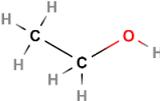
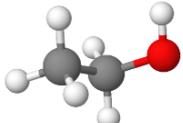
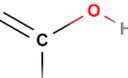
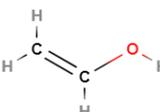
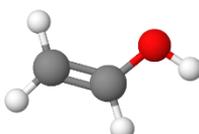
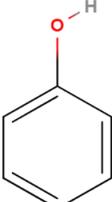
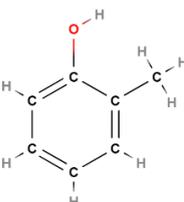
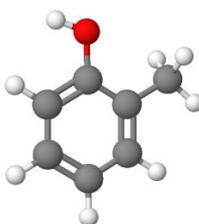
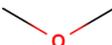
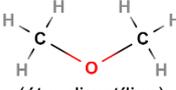
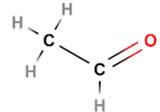
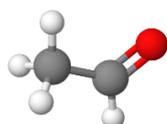
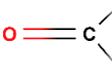
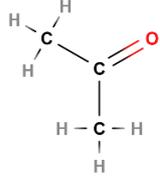
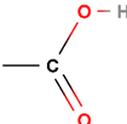
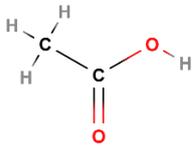
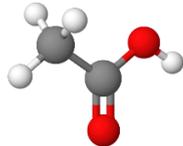
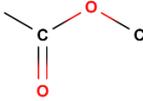
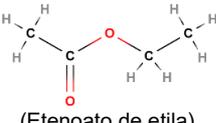
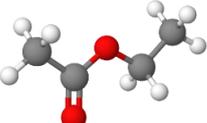
## APÊNDICE L – Jogo de tabuleiro das Funções Orgânicas Oxigenadas

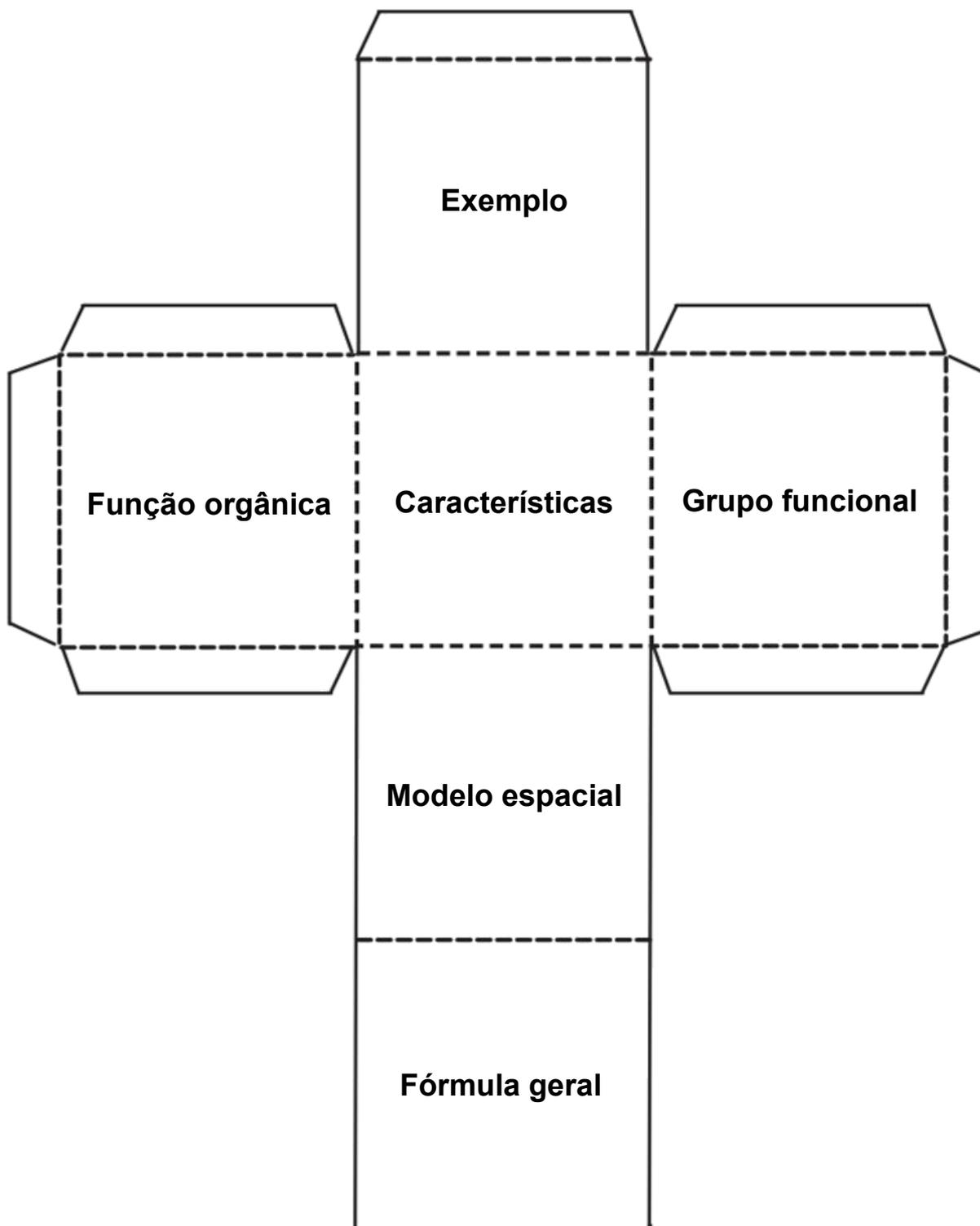
Regras e procedimentos para o jogo de tabuleiro que tem o objetivo de desenvolver o estado atento e promover a aprendizagem das FOO.

1. Defina a quantidade de jogadores (mínimo de 2 e máximo de 6). As peças podem representar os jogadores ou as colunas. Vence o jogo o jogador que completar primeiro todas as colunas.
2. Coloque o tabuleiro no centro da mesa, de forma que todos os jogadores possam alcançá-lo facilmente.
3. Embaralhe as cartas e coloque-as em um monte com a face voltada para baixo.
4. Cada jogador deve colocar sua peça no ponto de partida do tabuleiro. A sequência de jogada segue a ordem do tabuleiro (de função orgânica a fórmula geral), conforme mostrado no tabuleiro.
5. O jogador deve retirar uma carta do monte e mostrá-la para os demais jogadores. Se a carta fizer parte da sua coluna, deve posicioná-la corretamente. Caso contrário, deve devolvê-la ao monte com a face voltada para baixo.
6. Durante o jogo, os jogadores devem estar atentos às cartas retiradas pelos outros jogadores, para verificar se correspondem a alguma de suas sequências. Caso percebam que a carta pertence à sua sequência, na sua vez, devem posicioná-la corretamente no tabuleiro.
7. Caso haja dúvidas sobre uma carta ou jogada, os jogadores podem consultar as regras ou buscar esclarecimentos com o professor.
8. Se um jogador conseguir completar uma coluna ou as colunas do tabuleiro, ele deve anunciar que venceu o jogo e os demais jogadores devem verificar se está correto. Se estiver, o jogador é declarado o vencedor.
9. É importante que os jogadores sejam respeitosos e cooperativos durante o jogo, ajudando uns aos outros a identificar as sequências e respeitando as regras estabelecidas.
10. As regras podem ser ajustadas de acordo com a preferência dos jogadores, desde que seja mantido o objetivo de desenvolver o estado atento e promover a aprendizagem das FOO.



## CARTAS DO TABULEIRO

Álcool		(hidroxila ligado a um átomo de carbono saturado)	 (etanol)		$R - OH$
Enol		(hidroxila ligado a um átomo de carbono insaturado)	 (etenol)		$R = C - OH$
Fenol		(hidroxila ligado a um anel aromático)	 (2-metilfenol)		$Ar - OH$
Éter		(um átomo de oxigênio entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)	 (éter dimetílico)		$R - O - R'$
Aldeído		(carbonila na extremidade da cadeia carbônica)	 (etanal)		$R - C \begin{matrix} O \\ // \\ H \end{matrix}$
Cetona		(carbonila entre grupos orgânicos iguais ou diferentes)	 (Propanona)		$R - C \begin{matrix} O \\ // \\ O \end{matrix} - R'$
Ácido carboxílico		(carboxila ligada a um grupo orgânico ou a um átomo de hidrogênio)	 (Ácido etanoico)		$R - C \begin{matrix} O \\ // \\ OH \end{matrix}$
Éster		(troca do hidrogênio presente no grupo funcional carboxila dos ácidos carboxílicos por um grupo orgânico)	 (Etenoato de etila)		$R - C \begin{matrix} O \\ // \\ O - R' \end{matrix}$

**CUBO PLANIFICADO PARA MONTAGEM**

## APÊNDICE M – Registro das análises das percepções do jogo de tabuleiro da FOO

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

**Protocolo 03**

1. Descreva com detalhes como você aplicou seus conhecimentos sobre as Funções Orgânicas Oxigenadas para realizar e aprimorar suas jogadas.

---



---



---

2. Quais estratégias específicas que você utilizou na escolha das cartas e no posicionamento delas no tabuleiro?

---



---



---

3. Como você avalia seu desempenho no jogo? Se tivesse uma outra oportunidade de jogar, o que faria para melhorar seu desempenho?

---



---



---

4. Sobre as regras e procedimentos do jogo, assinale com X uma das opções abaixo.

- (     ) Compreendo totalmente.  
 (     ) Compreendo parcialmente.  
 (     ) Tenho conhecimento limitado.  
 (     ) Não tenho conhecimento.

## APÊNDICE N – Teste de avaliação da aprendizagem após as intervenções didáticas

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA - PPGEICIMA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didática e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	
	<b>Código de identificação do estudante:</b>	
	<b>Mestrando:</b> Eliel Cardoso dos Santos	
	<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca	<b>Ano:</b> 2023

## TE5 – Teste de avaliação da aprendizagem após as intervenções didáticas

1. O aspartame é um adoçante utilizado como aditivo alimentar em produtos destinados aos diabéticos. Pequenas quantidades dessa substância são suficientes para conferir doçura aos alimentos preparados, visto que ela é cerca de duzentas vezes mais doce que a sacarose. A fórmula estrutural da molécula do aspartame é representada a seguir.

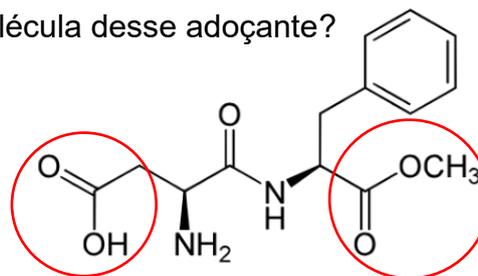
As funções orgânicas oxigenadas presentes na molécula desse adoçante?

a) **Ácido carboxílico e éster.**

b) Ácido carboxílico e cetona.

c) Éster e cetona.

d) Ácido carboxílico e aldeído.



2. Relacione as Funções Orgânicas Oxigenadas a uma aplicação:

a) Éster

b) Ácido carboxílico

c) Cetona

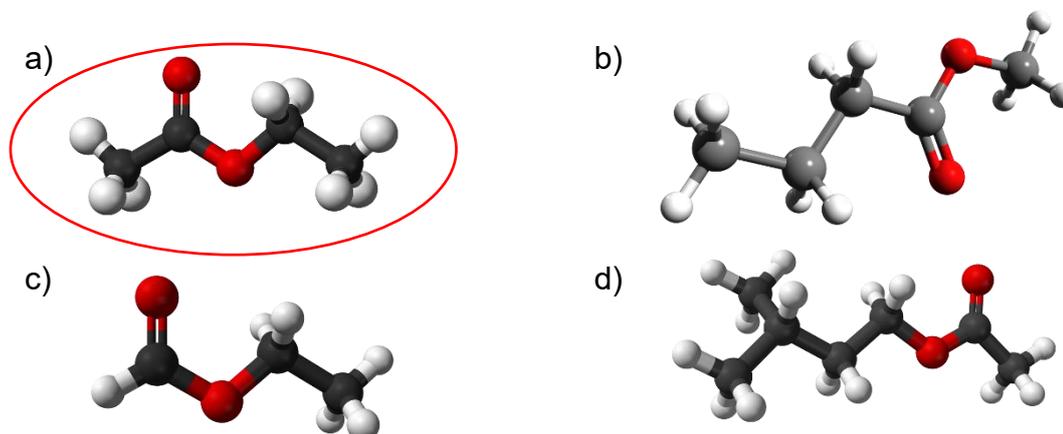
d) Álcool



3. Antigamente, o acetato de etila era amplamente utilizado na medicina como um antiespasmódico eficaz no combate às convulsões. Hoje em dia, o acetato de etila ( $C_4H_8O_2$ ) ganhou destaque como uma alternativa mais segura à acetona na remoção de esmaltes de unhas. Acredita-se que seu uso desse éster seja menos prejudicial e

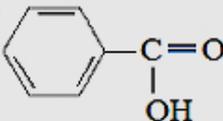
nocivo tanto para as unhas quanto para a pele, oferecendo um resultado eficiente ao mesmo tempo em que protege a saúde e o bem-estar.

Qual a molécula de acetato de etila no modelo espacial?



As esferas cinzas, pretas e vermelhas, correspondem respectivamente, aos átomos de hidrogênio, carbono e oxigênio.

4. A seguir são apresentadas as fórmulas estruturais de algumas substâncias que, de alguma forma, fazem parte do nosso cotidiano.

<p>I. </p> <p>Ácido benzoico - usado como conservante pela indústria de alimentos.</p>	<p>II. <math>\text{CH}_3 - \text{C} = \text{O}</math>  <math>\quad \quad  </math>  <math>\quad \quad \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3</math></p> <p>Acetato de propila - substância presente nas peras e uma das responsáveis pelo seu aroma.</p>
<p>III. <math>\text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3</math>  <math>\quad \quad   </math>  <math>\quad \quad \text{O}</math></p> <p>Propanona - conhecida como acetona, usada para extração de óleos vegetais e como solvente de tintas e esmaltes.</p>	<p>IV. <math>\text{CH}_2 - \text{CH}_2</math>  <math>\quad   \quad \quad  </math>  <math>\quad \text{OH} \quad \text{OH}</math></p> <p>Etan-1,2-diol - conhecido como etilenoglicol. Aditivo que, adicionado à água dos radiadores de automóveis, permite que a água permaneça no estado líquido em um intervalo maior de temperatura.</p>

Compostos orgânicos presentes no cotidiano

Identifique as funções a que cada uma das substâncias citadas pertence:

- a) Éster, éter, cetona, álcool.  
 b) Ácido carboxílico, éter, cetona, álcool.  
 c) Ácido carboxílico, éster, aldeído, álcool.  
**d) Ácido carboxílico, éster, cetona, álcool.**

5. Escreva no quadrado o nome da função orgânica correspondente à característica da função. (Funções Orgânicas Oxigenadas: álcool, fenol, éter, aldeído, cetona, ácido carboxílico e éster).

- A) **Aldeído** carbonila na extremidade da cadeia carbônica.
- B) **Álcool** hidroxila ligado a um átomo de carbono saturado.
- C) **Éter** um átomo de oxigênio entre grupos orgânicos iguais ou diferentes.
- D) **Éster** troca do hidrogênio presente no grupo funcional carboxila dos ácidos carboxílicos por um grupo orgânico.
- E) **Cetona** carbonila entre grupos orgânicos iguais ou diferentes.
- F) **Ácido carboxílico** carboxila ligada a um grupo orgânico ou a um átomo de hidrogênio.
- G) **Fenol** hidroxila ligado a um anel aromático

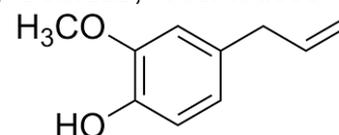
6. A descoberta do éter dietílico revolucionou a Medicina no fim do século XIX, pois passou a ser utilizado como anestésico e permitiu a realização de cirurgias e extrações dentárias sem dores. Muito tempo depois foi substituído, pois provocava parada cardiorrespiratória e lesões no fígado. Hoje, é usado como solvente na extração de essências, óleos e gorduras. É um líquido extremamente inflamável, se inalado por tempo prolongado, pode causar irritação das vias respiratórias, causando dores de cabeça, tontura e até desmaio.



A fórmula estrutural do éter dietílico é:

- a)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$
- b)**  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- c)  $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$
- d)  $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

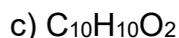
7. Óleos essenciais são substâncias aromáticas encontradas nas flores, ervas, frutas e especiarias, com aplicação na produção de alimentos, bebidas, cosméticos e medicamentos fitoterápicos. O eugenol, extraído do cravo-



da-índia, pode ser representado pela fórmula estrutural ao lado:

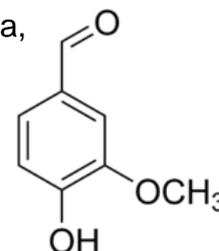


Considerando a fórmula estrutural do eugenol, é correto afirmar que sua fórmula molecular é:



8. A vanilina é uma substância química presente na baunilha, responsável por boa parte de seu aroma. Ela pode ser sintetizada quimicamente e seu uso é muito comum na indústria alimentícia.

Observe, ao lado, a fórmula estrutural desta substância:



O nome oficial da vanilina, segundo as normas da IUPAC, é:

a) **3-hidroxi-4-metoxibenzaldeído**

b) 4-metoxi-3-metoxibenzaldeído

c) 4-hidroxi-3-etoxibenzaldeído

d) ácido 4-hidroxi-3-metoxibenzaldeído



9. Qual a definição correta do grupo funcional hidroxila?

a) Grupo funcional que consiste em um átomo de oxigênio ligado a um carbono por uma ligação simples e a um hidrogênio por uma ligação dupla.

b) Grupo funcional que consiste em um átomo de oxigênio ligado a um carbono por uma ligação dupla e a um hidrogênio por uma ligação simples.

c) **Grupo funcional que consiste em um átomo de oxigênio ligado a um carbono por uma ligação simples e a um hidrogênio por uma ligação simples.**

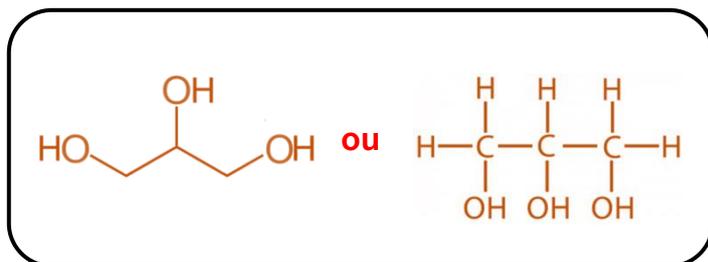
d) Grupo funcional que consiste em um átomo de oxigênio ligado a um carbono por uma ligação dupla e a um hidrogênio por uma ligação dupla.

10. O propano-1,2,3-triol, mais conhecido por glicerol ou glicerina, é uma substância líquida viscosa, incolor e miscível com água e com etanol. Ela é um subproduto da indústria de sabão, extraído de óleos e gorduras naturais

na com obtenção dos ácidos graxos. Diferentes cosméticos utilizam glicerina para ajudar a manter a maciez da pele e evitar seu ressecamento. Represente no espaço abaixo a fórmula estrutural do propano-1,2,3-triol e sua fórmula molecular.



A) Fórmula estrutural



B) Fórmula molecular



## ANEXOS

ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP (páginas 01 e 10)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SERGIPE - UFS

Plataforma  
Brasil

### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CONTRIBUIÇÕES DA ATENÇÃO SELETIVA COMO CONSTRUCTO NEUROCOGNITIVO NA APRENDIZAGEM DA NOÇÃO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS À LUZ DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS

**Pesquisador:** ELIEL CARDOSO DOS SANTOS

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 64936422.0.0000.5546

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Sergipe

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.881.979

#### Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo "Informações Básicas da Pesquisa"(PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2028030.pdf) e do "Projeto Detalhado / Brochural Investigador" (Projeto.pdf), postados em 29/12/2022.

#### INTRODUÇÃO

No sentido de situá-lo(a) a respeito do projeto de pesquisa, este tem por objetivo identificar contribuições da função cognitiva da atenção seletiva à aprendizagem da noção de Funções Orgânicas (FO) por estudantes do 3º ano do Ensino Médio a partir da Teoria das Situações Didáticas (TSD) apoiando-a no modelo teórico do processamento cerebral da informação. Para atingir tal objetivo, é preciso considerar que a Química consiste em

uma ciência essencialmente experimental, logo, para aprendê-la, seu ensino demanda estratégias que contemplem a forma como é estruturada e como acontece a aprendizagem no cérebro. Entretanto, a metodologia adotada para o ensino dessa nas escolas de Ensino Básico (EB) no Brasil compreende em aulas expositivas que prezam pela transmissão de conceitos e de princípios químicos que não remetem ao real fundamento da aprendizagem (LIMA, 2012). Aconselha-se que

Endereço: Rua Cláudio Batista s/nº

Bairro: Sanatório

CEP: 49.060-110

UF: SE

Município: ARACAJU

Telefone: (79)3194-7208

E-mail: cep@academico.ufs.br



Continuação do Parecer: 5.881.979

concordância	TALE.pdf	16:37:29	DOS SANTOS	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	29/12/2022 16:36:21	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_pesquisador.pdf	29/12/2022 16:34:37	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	29/12/2022 16:33:08	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Solicitação registrada pelo CEP	Carta_resposta.pdf	29/12/2022 16:32:48	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.pdf	29/12/2022 16:31:43	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	29/12/2022 16:30:06	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochura_pesquisa.pdf	29/12/2022 16:28:20	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_de_anuencia.pdf	01/11/2022 22:34:33	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Outros	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade.pdf	01/11/2022 15:36:28	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Outros	Termo_de_Compromisso.pdf	01/11/2022 15:34:59	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Outros	Termo_de_Autorizacao_do_Responsavel.pdf	01/11/2022 15:32:14	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	Solicitacao.pdf	01/11/2022 15:23:31	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	04/10/2022 18:29:11	ELIEL CARDOSO DOS SANTOS	Aceito

**Situação do Parecer:**

**Aprovado**

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Continuação do Parecer: 5.881.979

ARACAJU, 08 de Fevereiro de 2023

Assinado por:  
**FRANCISCO DE ASSIS PEREIRA**  
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Cláudio Batista s/n°

Bairro: Sanatório

CEP: 49.060-110

UF: SE

Município: ARACAJU

Telefone: (79)3194-7208

E-mail: cep@academico.ufs.br

## ANEXO B – As Funções Orgânicas Oxigenadas

## Funções Orgânicas Oxigenadas

As **funções orgânicas oxigenadas** são constituídas por carbono, hidrogênio e oxigênio, que formam grupos funcionais oxigenados por meio de arranjos distintos desses elementos e dos tipos de ligações entre eles, são:

### Álcool

**Álcoois** constituem substâncias orgânicas que possuem um ou mais grupos hidroxilas ( $-OH$ ), que é um grupo funcional, ligadas diretamente a átomos de carbono saturados (ligação simples). Quando apresenta uma hidroxila, é denominado de **monoálcool**; duas hidroxilas é um **diálcool, diol** ou **glicol**; se tiver três, é um **triol**; no caso de mais de três, é chamado de **polialcoóis** ou **polióis**.

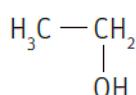
O álcool pode ser classificado de acordo com o átomo de carbono (primário, secundário e terciário). A hidroxila encontra-se ligada:

Nome	Fórmula	Tipo de átomo de carbono ligado à hidroxila	Classificação
etanol	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	primário	álcool primário
ciclopentanol	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\   \quad \diagup \\ \text{HC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	secundário	álcool secundário
2-metilpropan-2-ol ( <i>terc</i> -butanol)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	terciário	álcool terciário

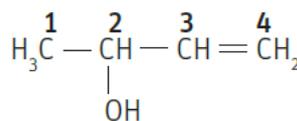
Fonte: Lisboa (2016, p. 79).

A nomenclatura dos compostos orgânicos oxigenados segue as regras da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Para os monoálcoois saturados e insaturados, segue a seguinte estrutura: **prefixo + infixo + ol**.

Observe os exemplos:

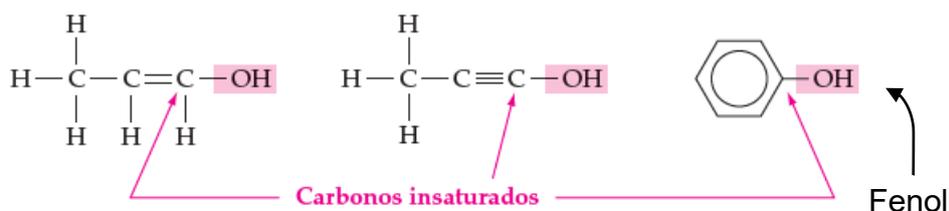


**etanol**



**but-3-en-2-ol**

Observe os exemplos abaixo, não são álcoois.



A IUPAC também apresenta uma alternativa oficial para nomear algumas funções orgânicas, conhecida como nomenclatura de classe funcional. Essa abordagem é amplamente utilizada para denominar compostos que não apresentam muitas ramificações ou grupos funcionais complexos.

Observe no esquema e no exemplo:



Para os casos em que existem dois ou mais grupos (-OH), veja o esquema de como escrever o nome e um exemplo:



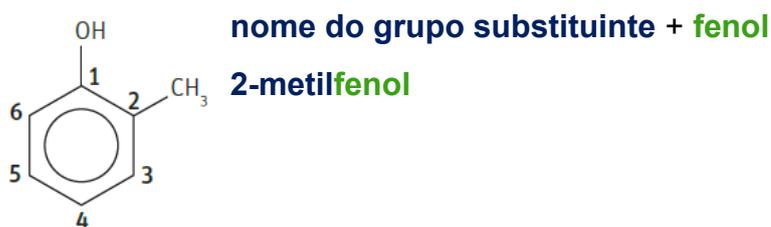
### Aplicação

Os álcoois possuem grande aplicação no cotidiano, seja para fins de limpeza ou como combustível. O metanol, também conhecido como álcool metílico, é um dos compostos orgânicos mais tóxicos e corrosivos. Seu uso pode ser visto como combustível em certos carros de corrida e de aeromodelos, na produção de formaldeído e outras variadas aplicações para a indústria química e farmacêutica. O etanol, também conhecido como álcool etílico, é um dos álcoois mais comuns e de grande uso doméstico.

### Fenol

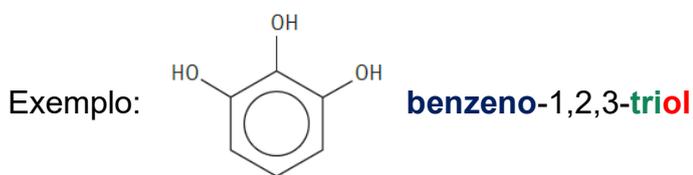
Os **fenóis** são substâncias orgânicas que apresentam cadeia aromática em que um ou mais grupo hidroxila (-OH) está diretamente ligado a um carbono que pertence ao anel benzênico.

Vejam os esquemas da nomenclatura oficial de fenóis e dois exemplos:



No caso de fenóis com dois ou mais grupos hidroxila, a nomenclatura obedece ao seguinte esquema:

**nome do hidrocarboneto aromático + prefixo de quantidade + ol**



### Aplicação

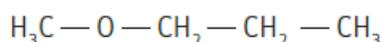
Os fenóis são usados como agente bactericida, e como matéria-prima para a fabricação de cosméticos, como perfumes, corantes e explosivos. Eles são especialmente populares em hospitais, onde são usados para diminuir o risco de infecção pós-operatória. Além disso, também são usados na indústria química para a fabricação de resinas e explosivos.

### Éter

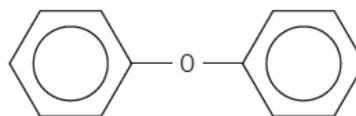
Os **éteres** são substâncias orgânicas que apresentam um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono (C – O – C), como mostram os exemplos abaixo:

A nomenclatura dos éteres de acordo com a IUPAC, segue a forma:

**prefixo de R menor + oxi + nome de hidrocarboneto do R maior**



**1-metoxipropano**



**fenoxibenzeno (éter difenílico)**

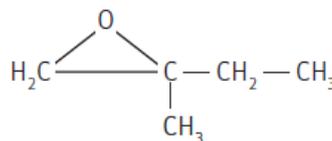
Os éteres também podem ser nomeados usando apenas um grupo éter. Estes nomes são formados adicionando a palavra "éter" à frente dos nomes dos grupos R e R', em ordem alfabética, e adicionando a terminação "ílico" a cada grupo.

Veja o exemplo:  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  **éter dietílico**

Quando o átomo de oxigênio está ligado a dois átomos de carbono formando uma cadeia cíclica, a nomenclatura segue a seguinte regra:

**epoxi + nome do hidrocarboneto**

**1,2-epoxi-2-metilbutano**



### Aplicação

Os éteres são amplamente utilizados como anestésico, atuando no Sistema Nervoso Central. No entanto, seu uso requer cuidado devido à sua alta volatilidade e toxicidade quando inalado por um longo período, podendo causar sintomas como tontura, dor de cabeça, náusea, vômito e irritação do sistema respiratório.

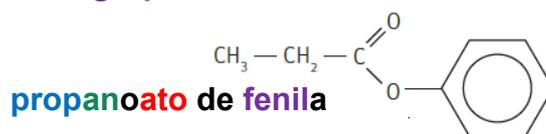
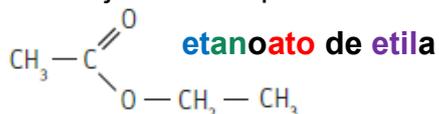
### Éster

Os **ésteres** são substâncias orgânicas que surgem como um derivado do grupo ácido carboxílico.

Nomenclatura oficial dos ésteres segue o esquema:

prefixo + infixo + o + ato de grupo + a

Veja os exemplos:

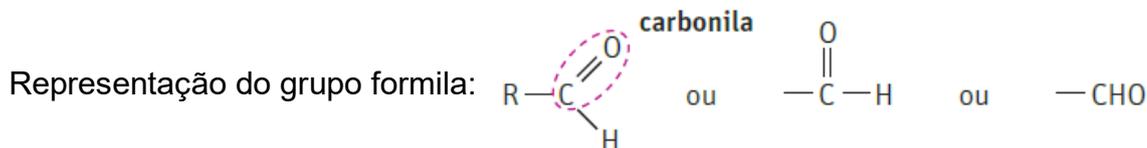


### Aplicação

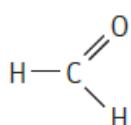
Os ésteres estão presentes nos alimentos, em produtos de higiene pessoal ou até mesmo em produtos de limpeza. Essas substâncias químicas são amplamente utilizadas na indústria alimentícia, sendo responsáveis por conferir sabor e aroma a diversos alimentos, como frutas, chocolates e refrigerantes. Além disso, os ésteres também são encontrados em perfumes, sabonetes líquidos, loções e outros produtos de cuidados pessoais, garantindo características sensoriais agradáveis. Na área de limpeza, essas substâncias são utilizadas em produtos como detergentes e desengordurantes, auxiliando na remoção de sujeiras e gorduras.

### Aldeído

Os **aldeídos** são substâncias que apresentam o grupo formila ou aldoxila ( $-\text{CHO}$ ), que consiste em um carbono com ligação dupla com um oxigênio e ligação simples com um hidrogênio, como mostra o exemplo:

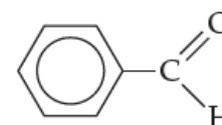


A nomenclatura para os aldeídos segue da seguinte forma:



**Prefixo + infixo + al**

**Metanal**



benzaldeído

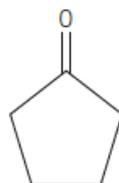
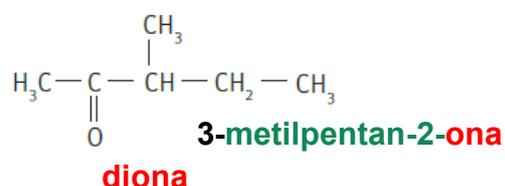
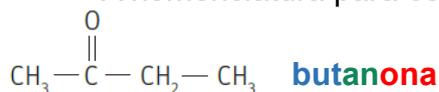
### Aplicação

O metanal é uma solução aquosa comercializada com o nome de formol, um produto usado na conservação dos tecidos, e é empregado na fabricação de alguns materiais sintéticos. Os aldeídos podem ser encontrados em muitos alimentos e bebidas, como a vanilina, que confere sabor de baunilha, e o benzaldeído, que dá sabor de amêndoas. Além disso, os aldeídos também são utilizados na indústria de perfumes e fragrâncias, sendo responsáveis por aromas característicos. É importante ressaltar que alguns aldeídos são tóxicos e prejudiciais à saúde quando inalados ou ingeridos em grandes quantidades, por isso é necessário utilizá-los com cuidado e seguir as orientações de uso dos produtos.

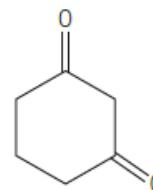
### Cetona

As **cetonas** são substâncias orgânicas que possuem um grupo carbonila (C = O) entre dois átomos de carbono.

A nomenclatura para cetonas segue à ordem: **Prefixo + infixo + ona**



ciclopentanona



ciclo-hexano-1,3-

### Aplicação

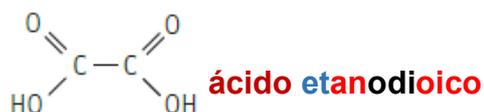
A cetona é uma função orgânica caracterizada por ser um líquido incolor, inflamável e solúvel em água. Na indústria, ela é produzida através da hidratação do propeno. A acetona, que é a cetona mais simples, é conhecida comercialmente como solvente para remoção de esmaltes de unha. Além disso, a acetona é utilizada como solvente em processos de extração, pois é capaz de solubilizar uma grande variedade de substâncias.

### Ácido carboxílico

Os **ácidos carboxílicos** são substâncias orgânicas que apresentam em sua estrutura o grupo carboxila (-COOH), que pode ser assim representado:



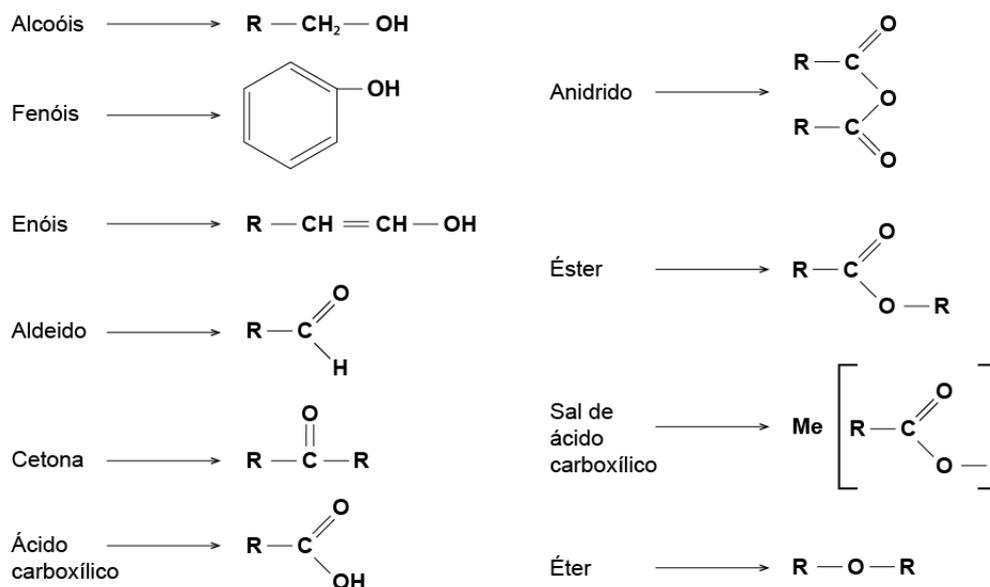
A nomenclatura para ácidos carboxílicos segue à ordem: **ácido prefixo + infixo + oico** Exemplos:



### Aplicação

A picada das formigas é rica em ácido metanoico ou ácido fórmico. Esses ácidos podem ser encontrados em sua forma natural, presentes em diversos alimentos como frutas cítricas, leite, vinagre, bem como em plantas medicinais. Também podem ser obtidos através de reações químicas, como a oxidação de álcoois ou com a hidrólise de ésteres.

## FUNÇÕES OXIGENADAS



Prefixo	Nº de Carbonos
met	1 carbono
et	2 carbonos
prop	3 carbonos
but	4 carbonos
pent	5 carbonos
hex	6 carbonos
hept	7 carbonos
oct	8 carbonos
non	9 carbonos
dec	10 carbonos

Infixo	Ligações
an	Só ligações simples
en	1 ligação dupla
adien	2 ligações duplas
atrien	3 ligações duplas
in	1 ligação tripla
adiin	2 ligações triplas
atriin	3 ligações triplas

Sufixo	Elemento
o	Hidrocarbonetos
ol	Alcoóis

### REFERÊNCIAS:

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

LISBOA, Julio Cezar Foschini *et al.* **Ser Protagonista**: Química, 3. ed., v. 3. São Paulo: Edições SM, 2016. (Coleção ser protagonista).

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite de. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza. **Química cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, v. 3, 2013.