



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

INFLUÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NO  
ENSINO DE QUÍMICA: COMO OS CONHECIMENTOS  
SOBRE ATENÇÃO SELETIVA PODERIAM AUXILIAR NA  
APRENDIZAGEM DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS?

THIAGO DE CARVALHO MENEZES

São Cristóvão

2022

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

INFLUÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NO  
ENSINO DE QUÍMICA: COMO OS CONHECIMENTOS  
SOBRE ATENÇÃO SELETIVA PODERIAM AUXILIAR NA  
APRENDIZAGEM DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS?

THIAGO DE CARVALHO MENEZES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Silva da Fonseca.

São Cristóvão

2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

M543i Menezes, Thiago de Carvalho

Influências da neurociência cognitiva na área de química: como os conhecimentos sobre atenção seletiva poderiam auxiliar na aprendizagem das funções orgânicas? / Thiago de Carvalho Menezes ; orientador Laerte Silva da Fonseca - São Cristóvão, 2022.

221 f. : il.

Dissertação (mestrado em Química) – Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Química (Ensino médio). 2. Química orgânica. 3. Jogos no ensino de química. 4. Seletividade (Psicologia). Fonseca, Laerte Silva da orient. II. Título.

CDU 37.016:54



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



INFLUÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NO ENSINO DE QUÍMICA: COMO OS CONHECIMENTOS SOBRE ATENÇÃO SELETIVA PODERIAM AUXILIAR NA APRENDIZAGEM DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS?

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM

10 DE FEVEREIRO DE 2022

---

PROF. DR. LAERTE SILVA DA FONSECA

---

PROF. DR. PAULO ROGÉRIO MIRANDA CORREIA

---

PROF. DR. LUCAS DE PAULO LAMEU

---

PROFA. DRA. YZILA LIZIANE FARIAS MAIA DE ARAÚJO

## Dedicatória

A Deus, por me sustentar e me conceber discernimento nos momentos mais difíceis e me fazer chegar até aqui. Aos meus pais (Célia Menezes e Antônio Corsino), irmãos (Cristiane e Lucas), Cunhados(as) (Adailton, Bruno, Adriana e Isabela), sobrinho (Gabriel) e esposa (Lorrany), sem a ajuda de vocês a realização desse sonho não seria possível!!  
Obrigado.

## AGRADECIMENTOS

Ao iniciar essa jornada imaginava as possíveis dificuldades que estariam por vir, ao longo desse período inúmeras foram as batalhas vividas que agora vem chegando ao fim. Enfrentei dificuldades jamais imaginadas, principalmente pela dupla jornada, de ensinar e aprender, mas que me fizeram ter ainda mais força e persistência para continuar trilhando o meu caminho até aqui. Entretanto, cabe salientar que esta caminhada teria sido ainda mais árdua sem a presença de algumas pessoas para me ajudar nessa trajetória, por isso eu agradeço.

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos alcançadas e pela minha vida e de meus familiares. Em segundo, agradeço aos meus pais (Célia Menezes e Antônio Corsino), que sempre me incentivaram aos estudos e me orientaram qual o melhor caminho seguir, não medindo esforços para que todos os meus objetivos fossem alcançados.

À minha irmã Cristiane, que sempre fora meu espelho, exemplo de garra, determinação, perseverança, irmã, mãe e amiga, obrigado por toda paciência e por sempre acreditar em mim e me incentivar, sem você eu não teria conseguido. Agradeço também a meu irmão Lucas pelos momentos de descontração, conversas e por todo incentivo que me deu. Meu muito obrigado as minhas tias Piedade e Maria Elvira e principalmente a minha avó Josefa, que desde a minha infância me guiaram para os melhores caminhos. Agradeço também aos meus cunhados Adailton, Bruno, Isabela e Adriana, que nunca mediram esforços em me ajudar e me incentivar a seguir em frente.

Agradeço também a minha esposa (Lorrany), por todo carinho, compreensão, ajuda e paciência que teve comigo ao longo dessa jornada. Obrigado meu amor por está ao meu lado sempre, por entender minhas angustias, medos e estresses e por não medir esforços para segurar na minha mão e me dar forças para seguir firme e me ajudar em tudo o que precisei. Você foi peça fundamental nessa história!

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos que a aplicação de um jogo didático baseado nos constructos da Neurociência Cognitiva, especificamente na função executiva atenção seletiva, tem sobre as adaptações neurocognitivas de adolescentes estudantes do Ensino Médio em relação à aprendizagem do conteúdo Funções Orgânicas (FO). Desse modo, a investigação em tela, foi conduzida sob perspectiva metodológica da Engenharia Didática Clássica (EDC) proposta por Artigue (1998), que resultou, inicialmente nas análises prévias, concepção e análise *a priori* de uma Sequência Didática (SD) embasada nos fundamentos da Neurociência Cognitiva. Partindo desse entendimento, buscou-se aportes teóricos em autores como Luria (1979, 1980), Kandel (1991), Gazzaniga (2006), Lent (2008, 2010) e Sternberg (2008, 2010), com o intuito de estudar as características da função cognitiva atenção, bem como, as influências internas e externas para a sua requisição. Com efeito, no contexto educacional, buscou-se inspiração nas pesquisas desenvolvidas por Cosenza e Guerra (2011) acerca dos fatores como “percepção”, “memória” e “atenção” na aprendizagem escolar. Nesse sentido, foi realizado um levantamento histórico e epistemológico com o objetivo de identificar os obstáculos que possivelmente estão associados aos problemas conceituais comuns aos discentes, dentre eles pode-se destacar: teoria contrária aos constructos paracelista (OB1), teorias adversas à concepção de que o átomo era compreendido como entidade fundamental da matéria (OB2), dificuldade de representar as estruturas dos compostos a partir dos dados empíricos (OB3), entre outros. Nessa perspectiva, pôde-se salientar também que a compreensão do conteúdo FO, por parte dos alunos, tem se apresentado como tarefa difícil no Ensino Médio, visto que é possível notar a ausência de investimentos de cunho teórico e metodológico que proporcionem a aplicabilidade desses materiais didáticos no contexto de sala de aula. Por fim, destaca-se também que a estruturação da sequência didática baseou-se nas seguintes etapas: o campo de investigação e o público alvo, a revelação dos caminhos na resolução de questões, a determinação dos conhecimentos químicos prévios atrelados e supostamente disponíveis e a antecipação de possíveis empecilhos apresentados pelos alunos durante a resolução das questões, tendo em vista, o tempo disponível para a realização da pesquisa, a disponibilidade e interesse dos voluntários do estudo, entre outros. Com efeito, os recursos utilizados destinados à coleta de dados foram diário de campo para os registros diários e testes. Os resultados da pesquisa apontaram que a associação de fatos e características das Funções Orgânicas com o cotidiano dos alunos, bem como, a utilização de recursos multissensoriais propiciaram maior empenho dos discentes e facilitar a consolidação e a evocação de memórias acerca das FO. A confecção de estruturas moleculares através do kit molecular proporcionou para a percepção e correção de erros oriundos das representações das fórmulas estruturais dos estudantes.

**Palavras-chave:** Ensino de Química. Funções Orgânicas. Jogo didático. Atenção Seletiva.

## ABSTRACT

The present study aimed to investigate the effects that the application of a didactic game based on the constructs of Cognitive Neuroscience, specifically on executive function selective attention, has on the neurocognitive adaptations of teenage high school students in relation to learning the content Organic Functions (FO). Thus, the investigation on screen was conducted under the methodological perspective of Classic Didactic Engineering (EDC) proposed by Artigue (1998), which initially resulted in the previous analysis, conception and a *priori* analysis of a Didactic Sequence (SD) based on the fundamentals of Cognitive Neuroscience. Based on this understanding, theoretical contributions were sought from authors such as Luria (1979, 1980), Kandel (1991), Gazzaniga (2006), Lent (2008, 2010) and Sternberg (2008, 2010), in order to study the characteristics of the cognitive function attention, as well as, the internal and external influences for its request. Indeed, in the educational context, inspiration was sought in the research developed by Cosenza and Guerra (2011) about factors such as “perception”, “memory” and “attention” in school learning. In this sense, a historical and epistemological survey was carried out in order to identify the obstacles that are possibly associated with conceptual problems common to students, including: theory contrary to Paracelstist constructs (OB1), theories adverse to the conception that the atom was understood as a fundamental entity of matter (OB2), difficulty in representing the structures of compounds from empirical data (OB3), among others.

From this perspective, it could also be noted that the understanding of the FO content, on the part of students, has been a difficult task in High School, as it is possible to notice the absence of theoretical and methodological investments that provide the applicability of these materials teaching activities in the classroom context. Finally, it is also highlighted that the structuring of the didactic sequence was based on the following steps: the field of investigation and the target audience, the revelation of paths in solving issues, the determination of previous chemical knowledge linked and supposedly available and the anticipation of possible obstacles presented by the students during the resolution of the questions, considering the time available to carry out the research, the availability and interest of the study volunteers, among others. Indeed, the resources used for data collection were field diaries for daily records and tests. The research results showed that the association of facts and characteristics of Organic Functions with the daily lives of students, as well as the use of multisensory resources, provided greater commitment by students and facilitated the consolidation and recall of memories about OC. The making of molecular structures through the molecular kit provided for the perception and correction of errors arising from the representations of the students' structural formulas.

**Key words:** Chemistry teaching. Organic Functions. Didactic game. Selective Attention.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reação de síntese da ureia realizada por Wohler .....	39
Figura 2 - Estruturas moleculares do álcool e ácido oxálico .....	40
Figura 3 - Estruturas moleculares dos ácidos apresentados por Von Hofmann .....	41
Figura 4 - Átomos do modelo de Hofman e construção da molécula do gás metano .	42
Figura 5 - Representações estruturais do benzeno .....	43
Figura 6 - Tipos de ligações entre carbonos .....	45
Figura 7 - Classificação dos Hidrocarbonetos .....	45
Figura 8(a) - Representação estrutural da amina ligada aos grupos alquila e arila ....	48
Figura 8(b) - Representação estrutural da amida .....	48
Figura 9(a) - Exemplo de estrutura das funções nitrila e isonitrila .....	48
Figura 9(b) - Exemplo de estrutura da função nitrocomposto.....	48
Figura 10 - Estrutura do composto orgânico halogenado a partir da substituição do átomo de hidrogênio por um halogênio (x).....	49
Figura 11 - Visão lateral e superior das principais partes do sistema nervoso .....	60
Figura 12 - Ilustração de substância cinzenta e branca no tecido cerebral .....	61
Figura 13 - Divisão do encéfalo em lobos .....	62
Figura 14 - Divisão craniana em diferentes partes segundo Gall .....	62
Figura 15 - Estrutura básica de um neurônio .....	71
Figura 16 - Principais neurotransmissores distribuídos de acordo com as categorias químicas elencadas .....	72
Figura 17 - Transferência de estímulos da fenda pré-sináptica para a pós-sináptica (potencial de ação) .....	74
Figura 18 - Estrutura anatômica do olho .....	76
Figura 19 - Síntese do canal óptico.....	77
Figura 20 – Objetivos da atenção segundo Sternberg .....	80
Figura 21 - Mecanismos atencionais da atenção .....	81
Figura 22 – Classificação da atenção .....	82
Figura 23 – Sistema Ativador Reticular Ascendente (SARA) .....	84
Figura 24 - Notas dos oito estudantes da turma 01 obtidas no TE1 (Pré-teste) .....	119
Figura 25 - Notas dos doze estudantes da turma 02 obtidas no TE1 (Pré-teste) .....	119
Figura 26 – Quantidade de acertos por questão do TE1 (pré-teste).....	120

Figura 27 – Excertos 1 e 2 das questões QF1 e QF2 dos alunos A01 e A03 do grupo controle .....	121
Figura 28 – Excertos 3 e 4 das questões QF1 e QF2 dos alunos A09 e A12 do grupo intervenção .....	121
Figura 29 – Excertos 5 e 6 dos erros cometidos pelos discentes A05 (GC) e A07 (GI) referente as questões QF1 e QF2.....	122
Figura 30 – Excertos 7 dos acertos dos alunos A04 (GC) e A10 (GI) referente a questão QF3 .....	123
Figura 31 – Excertos 8 dos erros dos alunos A02 (GC) e A08 (GI) referente a questão QF3 .....	123
Figura 32 – Excertos 9 e 10 da questão QAB4, alunos A03 (GC) e A06 (GI).....	124
Figura 33 – Excertos 11 e 12 da questão QAB4, alunos A05 (GC) e A12 (GI) .....	124
Figura 34 – Excertos 13 e 14 das questões QF5, QAB5 e QAB6, alunos A01 (GC) e A05 (GI) .....	125
Figura 35 – Excertos 15 e 16 das questões QF5, QAB5 e QAB6, alunos A07 (GC) e A11 (GI) .....	126
Figura 36 – Amostras das moléculas dos compostos orgânicos distribuídas nos respectivos grupos .....	127
Figura 37 – Excertos 17 e 18 dos acertos das Funções Orgânicas do G1 e G3 .....	128
Figura 38 – Excertos 19 e 20 dos erros cometidos pelo G2 e G4 .....	128
Figura 39 – Representação das moléculas do propano e butano em 3D constituída pelo G1.....	129
Figura 40 – Representação da molécula da propanona (acetona) em 3D constituída pelo G3 .....	129
Figura 41 – Representação da molécula da ureia em 3D constituída pelo G4 .....	130
Figura 42 – Excertos 21 e 22 dos acertos do G1 e G4.....	131
Figura 43 – Excertos 23 e 24 dos erros do G2 e G3 .....	131
Figura 44 – Erro cometido pelos alunos na demarcação de mais de um grupo funcional na mesma função, alunos (A3, A8, A9, A12).....	133
Figura 45 – Erro cometido pelos alunos ao não destacarem os respectivos grupos funcionais presentes nas estruturas, alunos (A1, A4, A5, A7).....	134
Figura 46 – Tela inicial do jogo virtual na plataforma <i>Wordwall</i> .....	135
Figura 47 – Grupo 1 iniciando a rodada do jogo .....	136
Figura 48 – Excerto 25 do aluno A5 acerca das ligações químicas do carbono e hidrogênio .....	138
Figura 49 – Excerto 26 do erro do aluno A9 acerca da descrição dos radicais dos grupos funcionais .....	139

Figura 50 – Notas dos estudantes da turma 01 obtidas no TE1 (Pós-teste).....	140
Figura 51 – Notas dos estudantes da turma 02 obtidas no TE1 (Pós-teste).....	141
Figura 52 – Quantidade de acertos por questão do TE1 (pós-teste).....	141
Figura 53 – Comparação da frequência de acertos do pré-teste e pós-teste do formulário TE1 .....	149
Figura 54 – Sequência didática de Carvalho: SDC <sub>EFO (2021)</sub> .....	158

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representação estrutural dos grupos funcionais dos compostos oxigenados .....	46
Quadro 2 - Obstáculos identificados para o desenvolvimento do conceito de FO .....	50
Quadro 3 - Considerações acerca da organização didática do conteúdo Funções Orgânicas .....	56
Quadro 4 - Características da tipologia da atenção .....	82
Quadro 5 – Demarcação dos princípios da TST e TA .....	87
Quadro 6 - Classificação do nível de dificuldade das tarefas .....	95
Quadro 7 - Sequência Didática da Sessão I .....	103
Quadro 8 - Atividades de reconhecimento dos grupos funcionais ARGF01 e ARGF02 para ser realizada em casa .....	107
Quadro 9 - Organização das imagens-alvo para estimular a percepção e a atenção dos alunos .....	109
Quadro 10 - Sequência Didática da Sessão II.....	110
Quadro 11 - Atividade de reconhecimento dos grupos funcionais ARGF03 para ser realizada em casa .....	112
Quadro 12 - Sequência Didática da Sessão III .....	114
Quadro 13 - Quantidade de acertos do jogo por grupo .....	137
Quadro 14 - Comparação das análises a <i>priori</i> e a <i>posteriori</i> – Sessão I.....	151
Quadro 15 - Comparação das análises a <i>priori</i> e a <i>posteriori</i> – Sessão II.....	154
Quadro 16 - Comparação das análises a <i>priori</i> e a <i>posteriori</i> – Sessão III.....	155

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

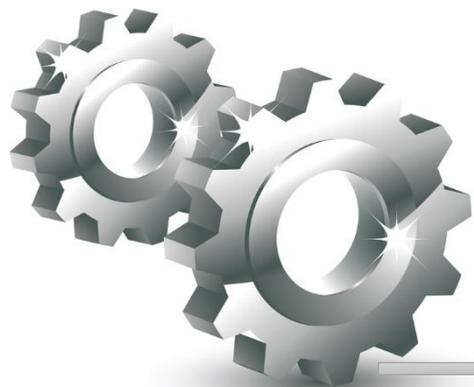
Ar	Grupo arila
ARGF	Atividade de reconhecimento dos grupos funcionais
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
C	Carbono
CONC	Considerações (marcadores referentes ao Quadro 3)
C=O	Carbonila
CN	Radical Nitrila
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DDP	Diferença de Potencial
EDC	Engenharia Didática Clássica
EM	Ensino Médio
EQ	Ensino de Química
FO	Funções Orgânicas
GAT	Guia de atividades
GC	Grupo Controle
GI	Grupo Intervenção
H	Hidrogênio
HCN	Gás Cianídrico
IRM	Imagem de Ressonância Magnética
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
N	Nitrogênio
NC	Radical Isonitrila
NH <sub>3</sub>	Amônia
O	Oxigênio

OB	Obstáculo (marcador referente ao Quadro 2)
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
R	Grupo Alquila
SARA	Sistema Ativador Reticular Ascendente
SC	Sistema Cognitivo
SD	Sequência Didática
SN	Sistema Nervoso
SNC	Sistema Nervoso Central
T	Tarefa
TA	Teoria da Atenuação
TE	Teste
TST	Teoria da Seleção Tardia
X	Halogênio
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões

## SUMÁRIO

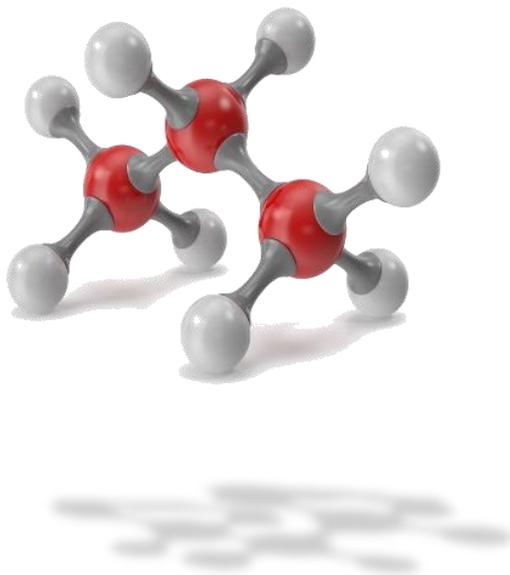
INTRODUÇÃO.....	18
1. ANÁLISES PRÉVIAS.....	26
1.1 - Considerações teóricas para a análise epistemológica .....	26
1.2 – Análise epistemológica da noção de Funções Orgânicas.....	30
1.2.1 O fogo como protagonista epistemológico inicial .....	30
1.2.2 Das propriedades do fogo a essência da matéria .....	31
1.2.3 A matéria e suas contribuições para a saúde .....	33
1.2.4 O estudo da matéria concebido enquanto ciência .....	35
1.2.5 A matéria orgânica e suas contribuições científicas.....	37
1.2.5.1 A classificação da matéria orgânica em grupos funcionais .....	43
1.3 - Levantamento teórico sobre a organização do ensino das Funções Orgânicas .....	51
1.3.1 - Organização do ensino das Funções Orgânicas .....	52
1.4 – Considerações teóricas sobre Neurociência Cognitiva .....	57
1.4.1 – Aspectos históricos da neurociência: uma viagem pela origem do cérebro .....	58
1.4.2 – Aspectos epistemológicos da Neurociência Cognitiva e sua relação com a educação .....	64
1.4.3 – A neurociência e sua relação com o ensino de Química.....	66
1.4.3.1 – O processo de aprendizagem numa perspectiva neurocientífica .....	69
1.4.3.2 – O cérebro e a tradução das informações: a conexão entre os órgãos sensoriais e a aprendizagem.....	75
1.5 – A atenção no cérebro humano.....	79
1.5.1 – O estudo neurocognitivo da atenção .....	83
1.5.2 – A atenção seletiva como gatilho para a aprendizagem.....	85
2. CONCEPÇÃO E ANÁLISE <i>A PRIORI</i> .....	89
2.1 – O campo de investigação e o público alvo.....	91
2.2 – Revelação dos caminhos (métodos, técnicas ou estratégias) na resolução de questões .....	95
2.3 – Determinação dos conhecimentos químicos prévios atrelados e supostamente disponíveis .....	99
2.4 – Antecipação de possíveis empecilhos apresentados pelos alunos durante a resolução das questões .....	100

2.5 – Análise <i>a priori</i> referente ao primeiro encontro (sessão I).....	101
2.6 – Análise <i>a priori</i> referente ao segundo encontro (sessão II) .....	108
2.7 – Análise <i>a priori</i> referente ao terceiro encontro (sessão III).....	113
2.8 – Considerações finais acerca da análise <i>a priori</i> .....	116
3. EXPERIMENTAÇÃO .....	118
3.1 – Experimentação sessão I .....	118
3.2 – Experimentação sessão II .....	132
3.3 – Experimentação sessão III .....	137
4. ANÁLISE A <i>POSTERIORI</i> .....	144
4.1 - Validação .....	151
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	160
REFERÊNCIAS .....	165
APÊNDICES e ANEXOS .....	176
APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido .....	177
APÊNDICE B – Termo de anuência para a realização da pesquisa.....	181
APÊNDICE C – TE1 – Teste de conhecimentos preliminares sobre noções de Funções Orgânicas .....	183
APÊNDICE D – TE2 – Reconhecimento dos grupos funcionais das F.O. ....	185
APÊNDICE E – TE3 – Teste de transição da fórmula estrutural para a de linha e tipos de ligação dos átomos de C, N, O e H. ....	191
APÊNDICE F – Fatos históricos e características das moléculas estudadas .....	193
APÊNDICE G – Atividades de reconhecimento dos grupos funcionais – ARGF01, 02 e 03 .....	194
APÊNDICE H – Guias de atividades 01 e 02 .....	203
APÊNDICE I – Imagens-alvo para estimular a percepção e a atenção dos alunos ...	208
APÊNDICE J – Tabela com os grupos funcionais para a realização das ARGF'S ....	210
ANEXO I – Relatório do teste atencional aplicado por profissionais habilitados da área da Psicologia .....	221



# INTRODUÇÃO

---



## INTRODUÇÃO

A escolha da temática discutida na presente pesquisa originou-se a partir das preocupações oriundas da vivência docente no contexto educacional, ao longo dos oito anos de magistério, atuando como professor de química nos anos finais do ensino Fundamental, especificamente com as turmas de 9º anos e no Ensino Médio (EM). Durante este período, pôde-se observar que a utilização de experiências lúdicas no processo de ensino-aprendizagem, nos diversos conteúdos da área da Química<sup>1</sup>, pode servir como gatilhos para despertar o interesse do aluno, quanto a aprendizagem do conhecimento científico, além de proporcionar esse aprendizado de forma interativa/dinâmica.

Dentre essas preocupações experimentadas durante a docência é possível destacar que nas aulas de química as mais recorrentes são: a falta de interesse dos estudantes quanto a aprendizagem do saber científico, a escassez de recursos capaz de auxiliar a aquisição do conhecimento do estudante e a dificuldade que os educandos apresentam em aprender e relacionar os conteúdos curriculares com o seu cotidiano (ROCHA; VASCONCELOS, 2016). Ambos fatores repercutem diretamente no processo de ensino-aprendizagem ao dificultar a compreensão dos conteúdos químicos pelos estudantes.

Para Gomes (2017), um dos fatores que contribuem para as dificuldades de aprendizagem é o formato tradicional de ensinar a disciplina química, visto que, o ensino de química (EQ), na maioria das escolas de Ensino Médio do Brasil, perpassa pela simples memorização de fórmulas, nomenclaturas das substâncias e definições. De modo convergente, os estudos de Santana e Rezende (2008), apontam que o EQ é centralizado na repetição de nomes, cálculos e fórmulas, o que corrobora, na maioria das vezes, para que a disciplina em destaque seja observada de forma monótona e cansativa.

Outro ponto de vista sobre as dificuldades no ensino de química é destacado por Pimenta (1999). Para a autora, as barreiras de aprendizagem dos conteúdos químicos, devem-se ao desenvolvimento da prática docente, visto que, em sua maioria, o professor dispõe de pouco tempo dentro da grade curricular escolar para o processo de ensino deste componente curricular.

---

<sup>1</sup> Para fins desta pesquisa considerou-se o termo Química enquanto área do conhecimento, bem como, a terminologia química enquanto componente curricular presente na educação básica, especificamente no Ensino Médio.

Diante dos diversos conteúdos presentes no currículo da disciplina de química, optou-se por trabalhar nesta pesquisa, o conteúdo de Funções Orgânicas (FO), tendo em vista a grande quantidade desses compostos em nosso cotidiano, seja no ramo alimentício (caféina, refrigerantes, cerveja, vinho, entre outros), nos fármacos (codeína, ácido ascórbico, paracetamol, morfina, ácido acetilsalicílico, etc.), ou ainda nos combustíveis (etanol, diesel, querosene, etc.) e sua importância para nossa existência.

Com efeito, o conteúdo de FO<sup>2</sup>, tem se apresentado enquanto um dos mais problemáticos, no que diz respeito a aprendizagem dos discentes. Pois, segundo Germano *et al.* (2010), Medeiros e Lopes (2017) e Pereira, Fernandes e Bizerra (2019), os estudantes apresentam dificuldades em compreender os diferentes grupos funcionais, aprender as propriedades, fórmulas estruturais e nomenclatura desses compostos. Nessa perspectiva, estudos que apontem para possibilidades de auxiliar no processo de aprendizagem desse conteúdo devem ser estimulados. Tendo em vista que é papel do professor criar condições para que o estudante compreenda tal assunto e construa seu próprio saber.

Desse modo, discussões sobre métodos e técnicas apropriadas para o ensino de ciências têm revelado alternativas, como por exemplo: o uso de recursos tecnológicos, como forma de mediar a aprendizagem dos saberes científicos dos estudantes. Na área de Química, por exemplo, destaca-se a representação visual<sup>3</sup> de átomos e moléculas, através de simuladores (softwares) disponíveis gratuitamente na internet, com o intuito de facilitar a compreensão dos fenômenos macroscópicos. Além disso, diversos estudiosos como Russel (1999), Pimentel (2004), Soares (2008), salientam também a utilização de jogos didáticos como estratégias de ensino, a fim de auxiliar o desenvolvimento das funções cognitivas (atenção, memória e percepção), corroborar para a promoção da interação e dinamização das aulas, estimular a aprendizagem por meio da familiarização e socialização dos educandos quanto ao conteúdo científico. Tais características cognitivas estão associadas as investigações da neurociência em relação ao ensino.

---

<sup>2</sup> Para tanto, torna-se válido destacar também que na rede pública este conteúdo somente é comumente estudado no 3º ano do Ensino Médio (EM), juntamente com as noções de química orgânica, porém, para a sua compreensão, o discente deve recorrer a conceitos fundamentais, como: ligações químicas, geometria molecular, entre outros, geralmente trabalhados no 1º ano do EM, o que pode se configurar como barreira na aprendizagem das FO, devido longo período de tempo entre um conteúdo e outro.

<sup>3</sup> De acordo com Martina (2017), as representações visuais desempenham um papel cognitivo importante, pois permite que os discentes se apropriem de conceitos de domínios indispensáveis de maneira mais acessível.

Nesse sentido, estudos acerca das neurociências, em especial a Neurociência Cognitiva tem-se apresentado enquanto ferramenta fundamental para aprimorar as estratégias didáticas dentro do âmbito escolar. De acordo com Oliveira (2014), a Neurociência Cognitiva possibilita a conexão entre o conteúdo a ser aprendido e as associações/interações neurais desenvolvidas pelos discentes durante o processo de ensino-aprendizagem.

Nessa perspectiva, a escolha da Neurociência Cognitiva, como fonte norteadora dessa pesquisa, justifica-se pelo fato desta área buscar compreender as diferentes maneiras de aprendizagem dos indivíduos, contemplando estudos sobre as deficiências e necessidades dos estudantes, contribuindo para melhorias no âmbito educacional, principalmente no processo de ensino-aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011). Desse modo, as influências neurocognitivas, para fim desta pesquisa, tomou-se como base, a função executiva atenção, especificamente, a atenção seletiva, com intuito de promover estímulos que possam auxiliá-los na aprendizagem dos discentes em relação ao conteúdo FO. Assim sendo, a presente pesquisa buscou identificar as respostas oriundas desses estímulos neurocognitivos ofertados aos discentes, a fim de verificar se estes são satisfatórios ou não para a construção do conhecimento acerca do conteúdo supracitado.

Por isso, o principal objetivo dessa pesquisa foi investigar os efeitos que a aplicação de um jogo didático baseado nos constructos da Neurociência Cognitiva, especificamente na função executiva atenção seletiva tem sobre as adaptações neurocognitivas de adolescentes estudantes do Ensino Médio em relação à aprendizagem do conteúdo Funções Orgânicas.

Além disso, destacam-se também os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar possibilidades de aprendizagem das Funções Orgânicas no Ensino Médio por meio da Engenharia Didática Clássica (EDC), utilizando-se de sequência didática para o Ensino de Química.
- Verificar as influências neurocognitivas que a aplicação de uma sequência didática promove aos estudantes do Ensino Médio no Ensino de Química, junto ao conteúdo Funções Orgânicas (FO).
- Compreender o processo de aprendizagem de estudantes de Nível Médio no que compete ao estudo sobre Funções Orgânicas, apoiados nas fases da EDC.
- Propor estímulos a atenção seletiva dos estudantes acerca do conteúdo Funções Orgânicas.

Diante dos objetivos propostos, este estudo buscou realizar uma investigação de caráter qualitativo, pautando-se na seguinte questão norteadora: Quais os efeitos que a aplicação de um jogo didático, baseado na atenção seletiva, promovem na aprendizagem das Funções Orgânicas?

Considerando a questão do presente estudo, torna-se necessária a formulação das hipóteses da pesquisa, nomeadas como H<sub>1</sub> e H<sub>2</sub>, que nortearão as seções seguintes e serão analisadas e validadas com base na EDC, a saber:

H<sub>1</sub> - Uma sequência didática elaborada a partir dos preceitos teóricos apresentados, amparada na aplicação de um jogo didático baseado no conteúdo Funções Orgânicas com recursos físicos e virtuais tem influência sobre os processos neurocognitivos dos estudantes do Ensino Médio, na aprendizagem das Funções Orgânicas à medida que os erros e as dificuldades do jogo são trabalhadas pelo professor.

H<sub>2</sub> - A função cognitiva “Atenção seletiva”, juntamente com os recursos metodológicos adotados, devem privilegiar atitudes ativas dos estudantes, envolvendo o maior número de órgãos sensoriais possíveis.

Para tentar responder à questão supracitada, buscou-se respostas no campo das neurociências<sup>4</sup> e da psicologia cognitiva, tendo em vista que essas áreas de conhecimento têm elucidado alguns questionamentos sobre o processo aquisição, manutenção e consolidação da atenção, durante o desenvolvimento e a construção do saber do educando (FERNANDES *et al.*, 2015). Desse modo, as neurociências preocupam-se em investigar o processamento da informação por meio da atenção em uma perspectiva de natureza biológica (RUSSO; PONCIANO, 2002). Enquanto, a Psicologia cognitiva direciona sua preocupação sobre os processos mentais, como: atenção, memória, percepção, aprendizagem e cognição (LOPES *et al.*, 2018).

A atenção pode ser definida como um processo de modulação do funcionamento neural associado ao processamento de respectivos estímulos de diferentes naturezas sensoriais (CARREIRO; TEXEIRA, 2012). Nesse sentido, considerando a complexidade do funcionamento atencional, Sohlberg e Mateer (1987) em seus estudos sobre essa função, propuseram um modelo denominado de *Modelo Clínico Atencional*, cujo objetivo consistia em dividir a atenção em cinco níveis de

---

<sup>4</sup> De acordo com Fonseca (2015b, p. 172), “a área das Neurociências configura-se como um campo histórico-multi-interdisciplinar e que, por esse motivo, os limites entre seus ramos não são nítidos, sendo o constante diálogo entre eles a própria fonte de sobrevivência”. Para tanto, o presente estudo teve como enfoque os pressupostos de aprendizagem embasados na Neurociência Cognitiva.

processamento, a saber: 1 - atenção focalizada; 2 - atenção sustentada; 3 - atenção seletiva; 4 - atenção alternada e 5 - atenção dividida.

Com efeito, para fins desta pesquisa, optou-se pela atenção seletiva, cujo objetivo refere-se à capacidade de selecionar alguns estímulos em detrimento de outros. Segundo Luria (1979), essa habilidade da seleção dos estímulos importantes e inibição dos demais, considerados distratores, são características essenciais para o desenvolvimento cognitivo e o processo de aprendizagem dos indivíduos.

Para implementar os objetivos dessa pesquisa, a metodologia selecionada buscará considerar os princípios da EDC da pesquisadora francesa Michele Artigue (1998), pois, identificou-se alinhamentos ao estudo de caráter experimental que se alicerça na verificação das influências neurais e cognitivas para a aplicação de atividades didáticas que necessitam da disponibilidade dos níveis de atenção dos estudantes.

A EDC quando caracterizada como metodologia de pesquisa, compara-se ao trabalho desenvolvido por um engenheiro, que para realizar suas atividades, baseia-se em conhecimentos científicos de seu domínio, entretanto, trabalha com objetos mais complexos do que os refinados da ciência (ALMOULOU, 2007). Nesse sentido, a EDC apresenta, de modo específico, algumas variáveis de pesquisa, a microengenharia e a macroengenharia e desenvolve-se em quatro fases, a saber: análises prévias, concepção e análise *a priori*, experimentação, análise *a posteriori* e validação.

De acordo com os postulados de Artigue (1998), foi pinçado para essa investigação alguns princípios da EDC, a saber:

- (1) Análises prévias: análise epistemológica das Funções Orgânicas, levantamento teórico sobre a organização do ensino das FO, considerações teóricas sobre Neurociência Cognitiva e a atenção no cérebro humano (sendo, esses dois últimos suportes para compreender como se dá a aprendizagem do objeto em jogo);
- (2) Concepção e análise *a priori*: o campo de investigação e o público alvo, a revelação dos caminhos (métodos, técnicas ou estratégias) na resolução de questões, a determinação dos conhecimentos químicos prévios atrelados e supostamente disponíveis e a antecipação de possíveis empecilhos apresentados pelos alunos durante a resolução das questões.

- (3) Experimentação: aplicar a sequência didática visando atender os objetivos da pesquisa, registrar as informações dos momentos vivenciados na experimentação.
- (4) Análise a *posteriori* e validação: análise e apresentação dos resultados da mediação pedagógica a partir de um quadro teórico como referencial. Confronto dos registros da etapa de concepção e análise a *priori* com os dados da etapa de análise a *posteriori*. Confronto das hipóteses da pesquisa com os momentos vivenciados na experimentação.

Nessa perspectiva, a EDC consiste em gerenciar elementos metodológicos para planejar (análises prévias), elaborar (concepção e análises a *priori*), experimentar, analisar e validar (análise a *posteriori* e validação) uma Sequência Didática (SD)<sup>5</sup>, baseada em um quadro teórico delimitado.

Dessa forma, a primeira seção abordou as análises prévias referente ao conteúdo de FO, realizando um levantamento histórico e epistemológico, com o intuito de identificar os obstáculos que podem estar associados aos problemas conceituais comuns aos discentes. Além disso, foi apresentada também uma revisão de literatura sobre o ensino e aprendizagem do conhecimento supracitado, destacando as possíveis dificuldades de aprendizagem dos estudantes. Apresentou-se também a fundamentação teórica acerca da Neurociência Cognitiva que serve como referencial para a elaboração das etapas da SD. Nessa perspectiva, foram considerados constructos teóricos sobre a concepção da atenção e de seus fatores internos, tais como: a memória, a percepção, a motivação e, os externos: recursos pedagógicos, visando exercerem influência sobre a aprendizagem.

A segunda seção destina-se a abordagem da concepção e análise a *priori* que está amparada nas dificuldades de aprendizagem dos estudantes, elencadas na seção anterior. Descrimina estratégias didáticas possíveis adotadas pelos alunos para auxiliá-los na aprendizagem da noção de FO.

Com efeito, são determinadas as variáveis macrodidáticas<sup>6</sup>, que por sua vez, são destacadas de forma delimitada (momento I, II e III) na estruturação da SD para fins da pesquisa. É oportuno destacar que além da descrição das fases da EDC realizada no

---

<sup>5</sup> Conforme postulado por Artigue (1998) na seção 2.

<sup>6</sup> As variáveis globais ou macrodidáticas é referenciada por Artigue (1998), como a organização global da pesquisa, ou seja, trata-se de escolhas generalizadas que podem estar relacionadas aos recursos, conteúdo e condições do ambiente escolar. Enquanto, as microdidáticas são consideradas específicas e a partir das escolhas feitas é possível reproduzir uma situação didática garantindo as condições originais.

início de cada seção correspondente, observou-se a necessidade de planejar as etapas da SD, considerando as Teorias da Seleção Tardia e da Atenuação.

A terceira seção, intitulada experimentação, teve como objetivo implementar a SD, bem como controlar as variáveis macro e microdidáticas definidas anteriormente. Trata-se de um momento, destinado aos registros escritos, fotográficos e audiovisuais vivenciados na execução da SD, para serem analisados posteriormente. Nessa perspectiva, vale salientar que os dados apresentados contemplam os momentos supracitados.

A quarta e última seção, destinou-se a abordagem da análise *a posteriori* e validação, consistindo em analisar e apresentar os resultados da mediação pedagógica. Além disso, as hipóteses geradas nas análises *a priori* e *a posteriori* são confrontadas, com o intuito de identificar as potencialidade e fragilidades da SD, possibilitando respostas claras para as questões da pesquisa.

Nesse sentido, os principais resultados apresentados pelas turmas 01 (GC) e 02 (GI) obtidos no pré-teste apontaram que as médias de ambas antes da intervenção foi de 4,5 (GC) e de 5,2 (GI). Outro ponto a se destacar foi o desempenho dos discentes quanto aos tipos de questões presentes no TE1. As tarefas que exigiram maior esforço cognitivo (questões abertas) apresentaram um desempenho menor do que as tarefas de baixa atividade cognitiva (questões fechadas).

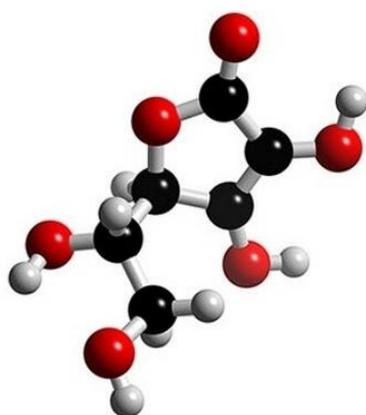
Além disso, pôde-se observar ainda que os recursos denominados “multissensoriais”, selecionados para a intervenção e os fatos históricos e características das moléculas estudadas, corroboraram com o processo de engajamento e a requisição da atenção dos estudantes, consolidando memórias acerca do conteúdo em destaque. Outro aspecto que pode ter contribuído para os resultados do GI apontados acima foi a confecção das fórmulas estruturais das moléculas selecionadas, por meio do kit molecular e posteriormente a comparação dessas estruturas com os modelos em 2D, possibilitando ao estudante fazer uma avaliação do erro cometido no momento em que executou a tarefa.

Por fim, considerando os dados do pós-teste foi possível notar um rendimento na aprendizagem dos alunos, tendo em vista que a média final do GC foi 5,2 e do GI foi de 6,8. Além disso, notou-se também que o GI apresentou melhor desempenho, quando comparado os resultados do GC, após a intervenção.



# ANÁLISES PRÉVIAS

- Análise epistemológica da noção de Funções Orgânicas
- Organização do ensino das Funções Orgânicas
- Considerações teóricas sobre Neurociência Cognitiva



## 1- ANÁLISES PRÉVIAS

A análise prévia, segundo Artigue (1998), trata-se de uma investigação, na qual o pesquisador realiza um levantamento de cunho histórico e epistemológico, das questões institucionais referentes ao conteúdo Funções Orgânicas que justificam sua inserção e importância no sistema educacional e como encontra-se o ensino habitual do conteúdo no ambiente escolar. Além disso, torna-se válido salientar também que esta fase da EDC promove aspectos suficientes para a construção de um quadro teórico, cujo principal objetivo é fundamentar possíveis estratégias a serem construídas na etapa denominada de concepção e análise *a priori*.

Partindo desse entendimento, o estudo histórico-epistemológico desta pesquisa limitou-se à realização de procedimentos metodológicos expostos por Brousseau (1976), e teve como objetivo identificar alguns obstáculos epistemológicos, que possivelmente podem estar relacionados com dificuldades conceituais acerca de um determinado assunto.

Com efeito, as discussões a seguir demarcam as considerações teóricas adotadas para a análise epistemológica da noção de FO.

### 1.1 – Considerações teóricas para a análise epistemológica

A análise histórica em sequência delimita-se a partir de alguns procedimentos metodológicos propostos por Brousseau (1983)<sup>7</sup>, cujo principal objetivo baseou-se em identificar os obstáculos epistemológicos que possivelmente podem estar relacionados as concepções conceituais comuns a determinados conteúdos. Ainda segundo o autor, o reconhecimento e caracterização desses obstáculos corroboram para análise e construção de condições didáticas.

As discussões iniciais sobre os obstáculos epistemológicos surgiram com o filósofo da ciência e epistemólogo Gaston Bachelard (1884-1962). Para ele essas barreiras, resultariam na estagnação do conhecimento científico. Nessa perspectiva, de acordo com Bachelard (1996), tem-se que:

É em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de

---

<sup>7</sup> Não obstante as orientações do referido pesquisador, Artigue (1990) ratifica as mesmas orientações para identificar e caracterizar as manifestações e fatores produtores de um obstáculo epistemológico.

imperativo funcional, lentsidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão (p. 17).

De acordo com Lopes (1996), os estudos de Bachelard ganham destaque por apresentar questões epistemológicas voltadas a área das ciências exatas (Física, Matemática e Química). Cabe salientar que, muito embora as obras do epistemólogo não versassem apenas sobre o contexto educacional, frequentemente, ele dedicava-se a realizar análises filosóficas elencadas ao conhecimento científico. Conforme destaca em sua obra intitulada “A formação do espírito científico”.

A obra supracitada contribuiu para compreender de que maneira a linguagem pode criar barreiras na construção do conhecimento científico. Esses obstáculos são estudados tanto no contexto educacional quanto no desenvolvimento histórico do pensamento científico (ANDRADE; ZYBERSZTAJN; FERRARI, 2000).

Os obstáculos epistemológicos, caracterizados como dificuldades de apropriação do saber científico, são tipificados por Bachelard (1996) como experiência primeira, obstáculo verbal, substancialista, realista, animista, conhecimento geral, unitário e pragmático, conhecimento qualitativo e no uso de imagens usuais.

Gomes (2016) destaca que o primeiro obstáculo a ser superado trata-se da experiência primeira, pois haverá inicialmente um encantamento, por parte dos alunos, com as atividades lúdicas ou figuras, em detrimento da explanação científica. Desse modo, as ideias fundamentais acerca do conhecimento são substituídas pela beleza das ilustrações e/ou estímulos visuais.

O mesmo pesquisador postula que o segundo obstáculo, conhecimento geral, baseia-se na generalização do fenômeno observado, tornando-se uma norma completa, clara e fechada, o que dificulta posteriormente, o aprofundamento e questionamento de suas premissas pelos estudantes. De acordo com Santos (1998), esse obstáculo fornece respostas iguais a todas as questões, caracterizando-se como respostas fixas, gerais e vagas.

Outro obstáculo destacado é o verbal que é descrito como “a falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa” (BACHELARD, 1996, p. 27). Para Gomes (2016), esta barreira epistemológica, perpassa pela associação do concreto ao abstrato, recorrendo-se ao uso de analogias, metáforas e imagens para explicar o conceito científico.

Sobre a barreira substancialista pode-se destacar que ocorre por meio da transferência das características macroscópicas para uma perspectiva microscópica. De acordo com Bachelard (1996, p. 128), “pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê: a

poeira gruda na parede eletrizada, logo, a eletricidade é uma cola, um visco”. Lopes (1993), defende que neste processo as qualidades do objeto são evidenciadas em detrimento das suas propriedades.

O obstáculo denominado de conhecimento unitário e pragmático é caracterizado segundo Santos (1998) como processo de ensino aprendizagem, visto que se busca um caráter utilitário acerca de determinado fenômeno, como forma de explicação única e direta, ou seja, não tece relação com os demais contextos.

Em relação a barreira realista, destaca-se a permanência do foco na observação, ou seja, na supervalorização do concreto, na materialização do fenômeno, inibindo, dessa maneira, as informações ou estímulos que possam contribuir para a construção do saber científico.

O animismo, destaca-se pela ingenuidade em atribuir vida ou até mesmo características humanas a diversos objetos inanimados. De acordo com Santos (1998), esse obstáculo ocorre no ensino de ciências devido à dificuldade de apropriação dos conhecimentos científicos. Com base nessa consideração, Santos (2019), afirma que:

“Buscando um melhor entendimento sobre determinado conceito ou assunto em questão, por muitas vezes encontramos maneiras de descrevê-lo aproximando-o das características ou dos sentimentos aos quais estamos habituados, sendo então comum ocorrerem comparações com comportamentos humanos, não se atentando para as explicações destas com a realidade em que se encontram” (SANTOS, 2019, p. 29).

Por fim, sobre a barreira epistemológica, conhecimento qualitativo, Bachelard (1996, p. 259), destaca que: “A grandeza não é automaticamente objetiva, e basta dar as costas aos objetos usuais para que se admitam as determinações geométricas mais esquisitas, as determinações quantitativas mais fantasiosas”.

Nessa perspectiva, torna-se válido salientar que além de estabelecer o conceito de obstáculos epistemológicos, Bachelard destaca também, o conceito de “ruptura”, compreendendo-o como uma descontinuidade entre o saber científico e o conhecimento do senso comum (JUSTINA, 2011). De acordo com Santos (2019, p. 29) “essas rupturas são importantes na medida em que contribuem para progredir na construção do conhecimento sobre algo e que estão ocorrendo a todo instante a partir do momento em que novas informações são adquiridas ou refutadas”. Desse modo, a descontinuidade dicotômica entre os conhecimentos edifica, de maneira sólida, a formulação de novos conceitos.

As concepções acerca dos obstáculos epistemológicos propostas por Bachelard, influenciou os estudos sobre os obstáculos didáticos apresentados por Brousseau, que

destaca os desafios de ensino aprendizagem dos conceitos matemáticos numa perspectiva histórica e epistemológica. Além disso, cabe salientar que os constructos teóricos de Piaget (1975) sobre o papel do erro (ao superar um período de desequilíbrio) e o equilíbrio cognitivo corroboraram para o desenvolvimento de investigações no campo da didática da matemática.

Desse modo, tendo em vista a aprendizagem efetiva, pode-se pensar em produzir materiais didáticos e fazer o uso de estratégias pedagógicas a partir da apreciação dos erros dos estudantes (ALMOULOU, 2007). Nesse viés, entende-se que os erros constituem elementos de análise importantes para apresentar as incongruências herdadas do processo de aprendizagem inicial do aluno. Portanto, antes de ocorrer a eliminação do erro, deve-se considerar, inicialmente, os fatores psicológicos, epistemológicos e didáticos.

Para Brousseau (1983), quando um conhecimento, considerado importante em um determinado período de tempo, é caracterizado como inapto, baseado nos princípios a serem alcançados, tem-se o erro enquanto obstáculo. Ainda segundo o autor, considerando as contribuições de Bachelard e Piaget, os obstáculos no contexto da didática podem ser listados baseando-se nas dificuldades apresentadas pelos estudantes investigados, tendo em vista, superar os desafios do contexto de sala de aula, identificados na história.

Com efeito, embasados nos pressupostos de Brousseau (1983), acerca do estudo dessas barreiras epistemológicas em uma perspectiva histórica, buscou-se:

- a) Relatar o conhecimento sobre a noção das FO e compreender seu uso.
- b) Salientar quais as prerrogativas o conhecimento supracitado traz em relação aos anteriores, quais os costumes sociais ou técnicos está afiliado e se houver possibilidade, quais as concepções na área da Química.
- c) Reconhecer essas concepções em relação as demais, com o intuito de compreender quais as dificuldades, limitações ou fracasso destas. Além de apontar as razões, quando possível, de um equilíbrio dessas ideias.
- d) Identificar o instante e os motivos que provocaram a ruptura desse equilíbrio, considerando a obstinação a rejeição de possíveis concepções.

Por fim, torna-se válido salientar que descrever sobre a história da química, especificamente sobre o processo de evolução de um dado conteúdo, não é considerado um exercício simples. Visto que, diversas interpretações podem ser apresentadas, inclusive em contextos distintos como o social, político ou histórico. A fim de minimizar a situação supracitada, buscou-se fontes primárias e secundárias para

destacar em ordem cronológica, os principais acontecimentos históricos e seus respectivos idealizadores.

## 1.2 Análise epistemológica da noção de Funções Orgânicas

### 1.2.1 O fogo como protagonista epistemológico inicial

Conforme as orientações de Brousseau (1983) repousa sobre as origens da Química obstáculos que permitiram a evolução do próprio conhecimento. Esse ramo da ciência encontra-se, desde a antiguidade presente em diversas atividades do nosso cotidiano. Dentre elas, pode-se destacar a descoberta e posteriormente, o domínio do fogo, considerado um dos achados primordiais para a transformação da vida humana, conforme salienta Vidal (1986):

“O domínio do fogo representa, sem dúvida, uma das mais antigas Descobertas Químicas e aquela que mais profundamente revolucionou a vida do homem. Já no paleolítico, há cerca de 400.000 anos, o homem conservava lareiras em alguns dos seus Habitáculos na Europa e na Ásia” (VIDAL, 1986, p. 09).

No período da Pré-história, o fogo era utilizado para cozinhar os alimentos provenientes da caça e aquecer minérios (processo atualmente conhecido como metalurgia)<sup>8</sup> como o cobre e o ouro (primeiros metais utilizados pelo homem a 6000 a. C.), a fim de produzirem ligas metálicas como o aço (mistura de ferro e carbono) e o bronze (mistura de cobre e estanho).

Partindo desse entendimento, torna-se válido salientar que antes de dominar o fogo, o homem ingeria alimentos crus, que estragavam facilmente, o que poderia gerar infecções intestinais generalizadas, corroborando até mesmo para a sua morte. De acordo com Camerlato (2011), a prática do cozimento dos alimentos<sup>9</sup>, ocorreu em um período de aproximadamente 2,6 milhões de anos, especificamente no continente africano, com o gênero *Homo habilis*. Segundo Teles, Belo e Silva (2017), esse costume confere inúmeros benefícios quanto a alimentação, dentre eles pode-se salientar um tempo maior de conservação dos alimentos, a eliminação de vários microrganismos, possibilidade de abrir mantimentos mais duros, a apuração e criação de sabor entre outros. Além de demarcar a evolução da espécie humana.

Com efeito, Lévi-Strauss (2004) salienta que a modificação dos mantimentos de cru para cozido demarca o processo de transição do homem da condição biológica para

---

<sup>8</sup> De acordo com Brito, Medeiros e Lourenço (2007), a metalurgia trata-se de uma técnica utilizada para produzir peças metálicas ferrosas.

<sup>9</sup> O domínio do fogo, principalmente para o cozimento dos alimentos, pode ser caracterizado, segundo Gomes (2016), como experiência primeira, corroborando dessa forma para a produção de um obstáculo epistemológico.

a social. Nessa perspectiva, o domínio do fogo foi fundamental para a transformação das civilizações.

Esse feito, permitiu aos seres humanos, o aprimoramento na confecção de armas, ferramentas e armaduras, proporcionando-lhes o domínio do ambiente ao qual estava inserido e a construção de civilizações (FURTADO, 2017).

Nesse sentido, pode-se destacar, por exemplo, a civilização egípcia como uma das que mais fizeram o uso da metalurgia como meio de sobrevivência. Além disso, torna-se válido salientar seu pioneirismo no campo da Química, inclusive na origem da palavra, que remetia *Khemeia*, termo atribuído ao Egito antigo *Kham* (SILVA; PINHEIRO, 2018).

Conforme observado até aqui, a origem do fogo, bem como seu domínio demarcam inúmeros fatos históricos, desde sua utilização na caça, no preparo dos alimentos, como também na metalurgia. Entretanto, sobre essa substância surge algumas indagações, a saber: como o fogo pode ser classificado? E qual a sua composição?

### **1.2.2 – Das propriedades do fogo a essência da matéria**

Partindo da premissa que, tudo aquilo que tem massa e volume e ocupa lugar no espaço é considerado matéria (MUNIZ, 2016). Pode-se inferir que o fogo, por sua vez, é classificado de tal forma, visto que, este atende aos princípios de norteiam essa definição. Nesse sentido, sua utilização justifica-se, dentre outras atividades, a partir da necessidade de transformação da matéria, principalmente dos materiais duros e resistentes como os minerais.

A manipulação dos minerais fazem parte das atividades do povo Egípcio, a tentativa de explicar a ocorrência das transformações químicas, surge com os antigos filósofos na Grécia, inicialmente com Tales de Mileto, no século VI a.C quando afirmava que a água era considerada a essência da matéria, posteriormente, Empédocles de Agrigento (490-430 a. C), um de seus sucessores na Escola de Mileto, propôs que a matéria seria composta de quatro elementos fundamentais de mesma relevância, cabe salientar que ideias similares também surgiram na China, na Índia e no Egito (GREENBERG, 2009). Já Aristóteles (384-322 a. C) propõem uma espécie de elemento sidéreo, afirmava que a matéria que compõe o universo era constituída por quatro elementos fundamentais, a saber: terra, fogo, água e ar, posteriormente conhecida como teoria dos quatro elementos, caracterizando, segundo Gomes (2016) uma espécie de generalização que, por sua vez, é produtora de um obstáculo epistemológico.

Outra contribuição grega para a ciência em tela é proposta pelos filósofos Demócrito de Abdera e Leucipo de Mileto, quando propuseram que a matéria era descontínua e constituída por partículas minúsculas indivisíveis, denominadas de átomos, caracterizando segundo Bachelard (1996), como barreira substancialista, ou seja, consiste na transferência das características macroscópicas para uma perspectiva microscópica, contribuindo para a produção de obstáculos epistemológicos. Contudo vale salientar que os gregos mantinham uma cultura ócio e baseavam-se em teorias, desconsiderando a importância da experimentação.

Esses experimentos são explorados no período da alquimia, prática antiga que tinha como propósitos fundamentais a transformação dos metais em ouro (Pedra Filosofal) e o elixir da longa vida (que apresentava como objetivo a melhoria da qualidade de vida, bem como seu prolongamento). Porém, não há como precisar com exatidão seu surgimento, conforme destaca Vargas (2017, p 70), “É impossível dizer-se onde, quando e como surgiu a alquimia. Suas origens são várias, imprecisas, difusas e discutíveis”. A palavra alquimia (AL\_KHMY) é originada nas ciências da Mesopotâmia, Árabe, Egito e Pérsia e consistia em combinar a Química com diferentes áreas do conhecimento, como: medicina, física, religião, arte e filosofia (GREENBERG, 2009).

Os alquimistas corroboraram para o desenvolvimento da química enquanto ciência. Entretanto, cabe salientar também que a evolução dos conhecimentos provenientes dessa área da ciência sofreu estagnação, visto que, as novas ideias eram rejeitadas constantemente, pela sua maioria não possuir evidência científica. Desse modo, a alquímica era compreendida por rituais místicos que envolviam magia e ciência (SILVA, 2018). Outros fatores que contribuíram para a rejeição dos novos conhecimentos advindos dos alquimistas, foram as informações de caráter sigilosas presentes em suas teorias e a forma diversificada de se pensar e operar a matéria, conforme destaca Alfonso-Goldfarb e Ferraz (2011):

Vale lembrar que a alquimia lidava com teorias e receituários considerados sigilosos, pois continham segredos de ofício e até de Estado. Assim, raramente havia circulação de ideias e, portanto, cada estudioso ou grupo de estudiosos mantinha diferentes formas de pensar e operar sobre a matéria (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ, 2011, p. 1).

Apesar de alguns estudiosos e a igreja católica compararem a alquimia à rituais de bruxaria, por envolver conhecimentos de religiões distintas, seus achados contribuíram muito para avanços científicos na área da Química e principalmente na medicina, tendo em vista que, diversos experimentos proporcionaram a criação de

substâncias utilizadas para tratamentos medicinais, a saber: o sal, os homúnculos, a estibnita, ou sulfeto de antimônio, entre outros.

### **1.2.3 – A matéria e suas contribuições para a saúde**

No século XVI, a química era utilizada com o objetivo de curar doenças, essa aplicação foi incorporada pelo alquimista e médico suíço Theophrastus Bombast Von Hohenheim (1493-1541), mais conhecido no contexto científico como Paracelso, como se autodenominou. Esse campo da ciência era denominado de iatroquímica, que tinha como objetivo combater doenças através da inserção de substâncias químicas específicas (FREZZATTI Jr., 2005). De acordo com Porto (1997):

Paracelso sintetizou em sua obra, usando uma articulação diferente, vários aspectos da filosofia, da medicina e de outras formas de conhecimento que podem ser identificados isoladamente em muitos autores anteriores e contemporâneos a ele. Essa síntese paracelsista tinha, entre seus objetivos principais, a derrubada da tradicional medicina de origem grega ensinada nas Universidades (PORTO, 1997, p. 569).

Considerado o criador da iatroquímica, Paracelso, acreditava na “cura pelos semelhantes”, ou seja, se um indivíduo fosse envenenado, este poderia ser curado a partir de doses precisas da própria substância (veneno) que fora envenenado, desde que esta seja purificada por meio do fogo (PORTO, 1997). Sobre essa ideologia Santos, Costa e Silva (2012, p. 4), afirmam que “O médico considerava o Universo como macrocosmo e o homem um microcosmo, isto é, uma parte daquele na qual continham os mesmos aspectos”. Nessa perspectiva, a definição de doença, de acordo com Paracelso envolve a carne (corpo) e o espírito (alma), desse modo, valia-se de minerais como medicamentos para a cura das enfermidades.

Segundo Porto (1997), a teoria paracelista defendia a ideologia de que todos os objetos constituintes da natureza seriam originados a partir de três princípios, a saber: enxofre (teria a finalidade de atribuir maior ou menor combustibilidade aos corpos), mercúrio (atribuiria aos corpos elasticidade, fluidez e volatilidade) e sal (responsável pela coloração, solidez e imutabilidade a matéria). Cabe salientar que os princípios, enxofre e mercúrio, tem origem na alquimia árabe, desse modo, Paracelso, incluiu a estes, o sal.

No século XVII, Jan Baptista Van Helmont (1579-1644), médico, alquimista e belga, apesar de fazer parte da corrente filosófica de químicos seguidora de Paracelso,

este, possuía interpretações divergentes a teoria paraceltista<sup>10</sup>. Nesse sentido, ele nega a característica elementar dos três princípios, por não acreditar que o mercúrio, enxofre e o sal fossem consideradas substâncias fundamentais para dar origem as demais. Logo, elas também não poderiam ser, de maneira imediata, a causa das doenças. Sua crença era pautada na existência de dois elementos fundamentais da matéria: a água e o ar.

De acordo com Santos, Costa e Silva (2012, p. 5), “Helmont acreditava que o grande número de doenças só poderia ser atribuído à existência de um grande número de causas específicas, pois a doença consistiria numa interação entre o archei” (A partir da analogia proposta por Helmont, pode-se salientar a existência do obstáculo verbal, que de acordo com Bachelard (1996), consistem em explicar algo de forma fajuta, valendo-se de uma palavra explicativa). Segundo o médico, outro fator atrelado a causa das doenças seria a falta ou excesso dos elementos fundamentais constituintes da matéria (VIANA-PORTO, 2007).

Com efeito, Helmont amplia os conhecimentos acerca dos estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso) e afirma, em um contexto químico, que os gases são inertes. Com base nas contribuições de Gomes (2016) e Santos, (1998), essa afirmação configura-se um obstáculo caracterizado como conhecimento geral, uma vez que ele fornece respostas iguais a todas as questões. “A hipótese de van Helmont limitaria, necessariamente, o domínio da química aos fenômenos observados apenas nos estados sólidos e líquidos” (FILHO, 1984, p. 94). Entretanto, o conceito de gás não foi bem compreendido por grande parte dos filósofos naturais da época, dentre eles pode-se destacar: Thomson (1619-1677), Bohurst (1631-1685) e Robert Boyle (1627-1691). Isso por que, com base em Porto (2003):

[...] a teoria de Van Helmont para a matéria (e também para a doença e cura) tinha no archeus – uma espécie de “espírito” ou “força” imanente nos corpos – sua figura central, e incluía alguns tipos de ação por simpatia, irradiações não materiais, etc., que eram incompatíveis com um corpuscularismo mais radical.

[...] A adoção da palavra gás implicaria, nessa época, na aceitação de uma carga de teorias helmontianas que os filósofos naturais de inclinação mecanicista não podiam aceitar, e que muitos dos próprios médicos que diziam seguir Van Helmont não estavam interessados em carregar (PORTO, 2003, p. 145).

Nessa perspectiva, influenciado pelas concepções de Helmont, de que todo gás é inerte e nobre<sup>11</sup>, o químico e irlandês Robert Boyle buscou explicar como ocorria o

---

<sup>10</sup> Reside nessa situação o primeiro obstáculo epistemológico decodificado por OBE1.

<sup>11</sup> Essa situação, de acordo com Santos (1998), representa um obstáculo, mais especificamente, o animismo, visto que, caracteriza vida a um objeto inanimado. Ainda segundo o autor, este fato ocorre no ensino de ciências devido a dificuldade de apropriação dos conhecimentos científicos.

processo de oxidação dos metais a partir da teoria corpuscular da matéria (afirmava que toda a matéria é composta por partículas minúsculas). Torna-se válido ressaltar que nesta época, acreditava-se que o fogo seria responsável pelo aumento da massa dos metais, visto que, os corpúsculos dessa substância acabavam por incorporar-se no referido objeto em chamas. Considerando a presença de partículas gasosas no aquecimento do metal, nota-se que os gases não seriam totalmente inertes conforme destacado por Helmont.

Desse modo, a generalização da concepção estabelecida por Helmont, configura-se como obstáculos quanto a rejeição de conhecimentos pré-estabelecidos, enfrentados no decorrer da história da química, que perduraram anos até a sua superação, tendo em vista as contribuições sobre obstáculos proposta por Bachelard (1996). Somente em 1756, Joseph Black (1728-1799), físico e químico escocês, comprova por meio de seus estudos a relação química entre a oxidação dos metais e o ar atmosférico. Nesse sentido, “as interpretações de fenômenos químicos semelhantes em que o ar ou gases participavam eram, conseqüentemente, errôneas, em nada contribuindo para o desenvolvimento da Química” (FILHO, 1984, p. 95).

Partindo desse entendimento, diversos fatores demarcam os avanços da Química, desde a sua origem, a descoberta de novas substâncias, ainda no período da alquimia, sua aplicabilidade no tratamento das doenças até as interpretações dos fenômenos químicos. Entretanto, apesar dessas contribuições, a Química não era considerada uma ciência exata, única.

#### **1.2.4 – O estudo da matéria concebido enquanto ciência**

A concepção da química enquanto ciência inicia ainda no século XVII, em um cenário de desenvolvimento econômico, com a expansão da indústria, da navegação, do comércio e de técnicas militares. Neste período nasce em Paris, a ACADEMIE DES SCIENCES e em Berlim ROYAL SOCIETY, ambas com o objetivo de pôr em prática as teorias científicas elencadas ao cotidiano das pessoas. Cabe salientar que Robert Boyle, era um dos membros da Royal Society e seguia com presteza o método científico. O seu foco principal baseava-se nos estudos dos gases e na modificação da interpretação da Química (atribuindo qualidades como: viscosidade, untuosidade e tenacidade, a natureza elétrica da matéria, comparando-a a uma cola<sup>12</sup>) com a publicação de sua obra THE SCEPTICAL CHYMIST (o químico cético) (ZABOT; FOLLADOR, 2014).

---

<sup>12</sup> Essa situação de acordo com Bachelard (1996), configura-se como produto do obstáculo substancialista que segundo Lopes (1993), trata-se de evidenciar as qualidades do objeto em detrimento de suas propriedades.

Ainda segundo os autores, Boyle nega qualquer tipo de explicação de figuras mágicas ou místicas acerca dos fenômenos naturais, tecendo críticas aos alquimistas e busca comprovar eles, a partir de experimentos, detendo-se aos aspectos quantitativos e qualitativos. A partir de então, a ciência em tela passa a ser chamada de Química.

Apesar dos processos experimentais terem sido explorados no século XVII, por Boyle. O surgimento da Química moderna deve-se principalmente, às descobertas experimentais realizadas por diversos cientistas no final do século XVIII. Dentre eles, podem-se destacar as contribuições do francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), que desenvolveu trabalhos experimentais e explicações incisivas relativas ao elemento oxigênio, além de refutar a teoria dos quatro elementos (terra, fogo, água e ar) e a teoria<sup>13</sup> do flogisto (afirmava que todo composto inflamável continha uma substância fundamental e etérea, denominada flogisto), ainda disseminadas à época, que divergiam da concepção de que a matéria era constituída por partículas indivisíveis e indestrutíveis, denominadas “átomos” (SILVA, 2018).

Com o intuito de compreender o comportamento dos fenômenos macroscópicos, os físicos e químicos passaram a investigar minuciosamente a natureza microscópica das substâncias, bem como suas interações, caracterizando, segundo Bachelard (1996) uma espécie de substancialismo, corroborando para a produção de um obstáculo epistemológico. Nesse sentido, com base em suas previsões e com o auxílio de uma balança analítica, Lavoisier estabelece a “Lei de conservação das massas”, denominada de lei ponderal da química. Dessa forma, as proposições do francês deram origem a conceitos fundamentais e a universalização da linguagem quanto a nomenclatura da natureza da matéria, corroborando para o desenvolvimento da Química enquanto ciência e para a compreensão da natureza das reações químicas (GREENBERG, 2009).

No início do século XIX, a composição da matéria é compreendida em uma perspectiva minúscula, o inglês John Dalton (1766-1844), propõe uma teoria para explicar a constituição atômica da matéria, denominada de “Teoria Atômica” (posteriormente propôs também um modelo para representar a estrutura do átomo, que ficou conhecido como bola de bilhar<sup>14</sup>, devido a sua semelhança com o objeto), apresentando-a em diversas conferências, fato que também corroborou para avanços posteriores da Química. Com efeito, Strathern (1940) *apud* Borges (2002) destaca que:

“A teoria atômica de Dalton afirmava que todos os elementos consistiam de átomos minúsculos, indestrutíveis. Avançando em

---

<sup>13</sup> Reside nessa situação o segundo obstáculo epistemológico decodificado por OBE2.

<sup>14</sup> Essa situação, de acordo com Bachelard (1996), representa uma espécie realista, corroborando para criar um obstáculo epistemológico.

relação a Lavoisier, ele sustentou que todas as substâncias compostas eram simples combinações desses átomos. Essa ideia sensacional transformou nossa compreensão da matéria” (p. 210).

A enunciação da teoria de Dalton instigou diversos estudiosos a investigarem, de maneira intensa, as características microscópicas dos fenômenos químicos. Dentre eles pode-se destacar as contribuições de Lavoisier, Jons Berzelius, Sir Humphry Davy, Ada Lovelace, John Flamsteed, Georg Stahl, Johan Dobereiner, Karl August, Friedrich Wohler, entre outros. Entretanto, cabe salientar que “o embate entre pesquisadores de abordagens teóricas opostas culminou em um período de confusão na organização do conhecimento químico” (SILVA, 2018, p. 27).

As investigações supracitadas resultaram na síntese de elementos conhecidos e descoberta de novos elementos químicos, como o potássio, alumínio, bem como suas massas atômicas, a organização estrutural de moléculas e seus diferentes tipos de ligações, a linguagem universal das reações químicas, as propostas de organização dos elementos químicos já conhecidos (tabela periódica), entre outras.

Com efeito, a evolução da Química e demais áreas constituintes das ciências naturais ganham ainda mais destaque no século XX, em especial na Alemanha, Estados Unidos e Inglaterra. Sobre essas contribuições destaca-se que os investimentos dos países em tela perpassavam por áreas como: indústria bélica, estrutura atômica e formação das moléculas, obtenção de medicamentos, estudos nucleares, mecânica quântica, dentre outras, estreitando dessa forma, as relações entre a indústria e a ciência (GREENBERG, 2009).

Nessa perspectiva, com o avanço da ciência Química e de outras áreas afins, inúmeras substâncias já faziam parte do cenário científico, tanto as sintéticas (produzidas em laboratório) quanto as naturais, utilizadas desde a antiguidade. Entretanto, as diferentes origens desses materiais conferiam-lhes também propriedades distintas, necessitando, dessa maneira, classificá-las em grupos que apresentem características divergentes.

### **1.2.5 – A matéria orgânica e suas contribuições científicas**

Desde a antiguidade, especificamente, os povos romanos e egípcios faziam o uso de substâncias naturais para registrarem seus achados, a saber, o corante índigo (extraído das plantas indigofera), a celulose (material obtido das plantas para a

confeção dos papiros<sup>15</sup>), o leite azedo (extraído do ácido láctico ou do limão) e a fermentação das uvas para a produção de vinho (MONTEIRO, 2016).

A Química orgânica tem início no século XVIII, a partir das contribuições experimentais do sueco, químico e farmacêutico Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), que isolou substâncias como: o ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), o ácido tartárico (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>), a glicerina (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), entre outros (FELTRE, 2004).

Entretanto, segundo Farias (2011), neste mesmo século, o conhecimento sobre a composição da matéria orgânica e suas propriedades era muito escasso, detendo-se apenas as investigações inerentes a forma de obtenção destes e sua aplicação na medicina. Ainda neste período, segundo Leite *et al.* (2006), os estudiosos carregavam a concepção errônea de que os átomos poderiam ser segurados ou até mesmo vistos a olho nu, caracterizando-se, segundo Bachelard (1998), como percepção realista, produtora de obstáculo epistemológico.

Em 1777, o químico, também sueco, Torbern Olof Bergman (1735-1784) propõe dividir a química em duas áreas, a orgânica (considerada a química dos organismos vivos) e a inorgânica (a química dos minerais). Nessa perspectiva, ao se apropriar da ideia do sueco, Lavoisier passa a investigar os compostos orgânicos e conclui que em todos havia algo em comum, a presença do elemento “carbono”.

Diante deste cenário, pode-se constatar que os compostos existentes eram originados a partir de plantas e animais e que sua grande maioria era constituído de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio. Além disso, os mesmos possuíam estruturas distintas das substâncias oriundas dos minerais. Logo, nota-se que os estudiosos da época enfrentariam inúmeros desafios para desvendar as características desses compostos, devido a sua complexidade.

Os estudos relacionados a Química orgânica, ganham destaque no início no século XIX, apesar das dificuldades encontradas para representar os modelos estruturais, a partir de dados empíricos<sup>16</sup>. Com o intuito de minimizar as barreiras acerca do estudo dos compostos orgânicos, em 1807, o químico Jons Jacob Berzelius (1779-1848), introduz a Teoria da Força Vital, defendendo a ideia que os compostos orgânicos somente poderiam ser originados a partir dos seres vivos, pois possuíam uma força misteriosa, que o mesmo denominou de “força vital”. Desse modo, tais substâncias não

---

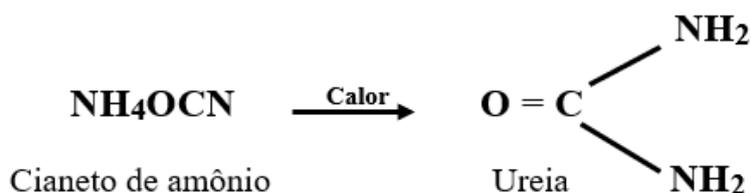
<sup>15</sup> Os papiros egípcios eram utilizados para descreverem diversas fórmulas medicinais, constituídas principalmente de ervas (FARIAS, 2011).

<sup>16</sup> Reside nessa situação o terceiro obstáculo epistemológico decodificado por OBE3.

poderiam ser sintetizadas em laboratórios ou indústrias, por meio das reações químicas (DIAS, 2014).

A teoria de Berzelius é derrubada em 1828, pelo alemão, químico e pedagogo Friedrich Wohler (1800-1882), que conseguiu produzir ureia (composto orgânico), utilizando apenas substâncias minerais, ou seja, substâncias inorgânicas, conforme a reação química ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Reação de síntese da ureia realizada por Wohler



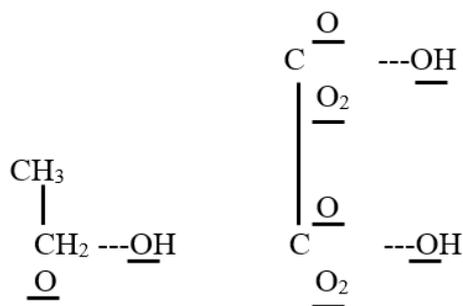
Fonte: o autor (2021)

A síntese de Wohler, possibilitou a realização de descobertas posteriores, dentre elas, destaca-se o ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) presente no vinagre, sintetizado por Herman Kolbe (1818-1884). Desse modo, Kolbe demonstra que os demais compostos orgânicos conhecidos também poderiam ser sintetizados (VIDAL, 1986; PERUZZO, 1998).

Em 1850, o alemão e químico, August Wilhelm von Hofman (1818-1892), ao analisar a molécula da amônia, percebeu que os hidrogênios constituintes desta, poderiam ser substituídos por um mesmo número de radicais. Neste mesmo período, o inglês e químico Alexander William Williamson, realiza a comparação de algumas propriedades das substâncias água, álcool e éter, concluindo que o oxigênio possui duas ligações em todos os compostos oriundos dessas substâncias, caracterizando, uma espécie de generalização, que segundo Gomes (2016), contribui para produzir um obstáculo epistemológico.

Posteriormente, em 1857, o alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896), juntamente com o escocês Archibald Scott Couper (1831-1892), publicaram a teoria estrutural, estabelecendo a tetravalência (quatro ligações) do átomo de carbono e concluíram que os compostos orgânicos são constituídos especificamente por cadeias carbônicas, ou seja, carbonos ligados entre si. Cabe salientar que Couper foi o pioneiro em representar estruturas moleculares (Figura 2), como o álcool, valendo-se de diagramas de traços (SUTTON, 2008).

Figura 2 – Estruturas moleculares do álcool e ácido oxálico



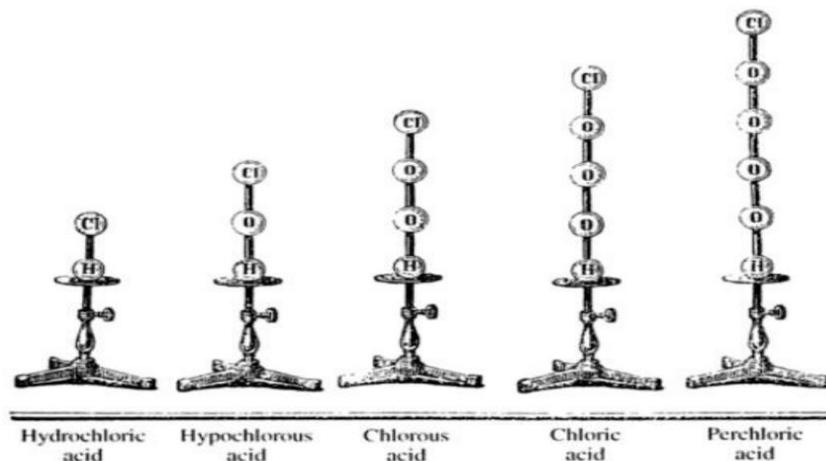
Fonte: O autor (2021)

As contribuições de Couper e Kekulé instigaram a investigação de diversos estudiosos acerca das combinações que os átomos com diferentes afinidades realizavam, principalmente, pela dificuldade de explicar a semelhança nas estruturas dos compostos orgânicos<sup>17</sup>. Dentre eles pode-se destacar, o químico russo Butlerov, que propõe a explicação de existência de isômeros a partir de fórmulas estruturais ou “estruturas químicas”. Nesse sentido, torna-se válido salientar que “os químicos sempre viram nas fórmulas estruturais um caminho para compreender as estruturas das moléculas e assim aplicar tais conhecimentos em problemas práticos da química orgânica” (SILVA, 2018, p. 29).

Em 1865, Von Hofman demonstra experimentalmente, em uma palestra, como as reações químicas poderiam ser representadas estruturalmente, destacando as ligações fixas dos átomos de carbono (4), nitrogênio (3), oxigênio (2) e hidrogênio (1). Baseando-se na teoria da estrutural, ele montou algumas moléculas, utilizando bolas e varas de madeira, com o intuito de explicar a transformação do ácido clorídrico em ácido hipocloroso a partir da adição de átomos de oxigênio (Figura 3).

<sup>17</sup> Reside nessa situação o quarto obstáculo epistemológico decodificado por OBE4.

Figura 3 – Estruturas moleculares dos ácidos apresentados por Von Hofmann



Fonte: Silva (2018, p. 29).

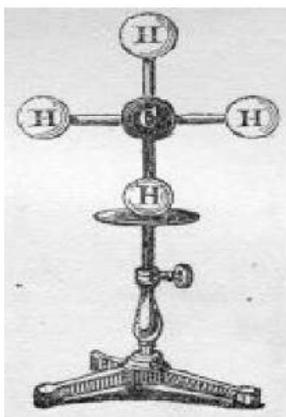
Com base nas estruturas ilustradas anteriormente, nota-se que o átomo de oxigênio é contemplado nos respectivos modelos por combinação fixa (2). Segundo Roque e Silva (2008, p. 922) “os modelos moleculares eram rígidos e representados em duas dimensões”. Entretanto, cabe salientar que essas estruturas eram apresentadas em duas dimensões, tendo em vista, as limitações que esses cientistas possuíam para representa-las em três dimensões<sup>18</sup>.

Além disso, alguns químicos não concordavam, em expor as fórmulas baseando-se apenas na teoria estrutural, como referencial para a disposição espacial das moléculas, pois acreditavam que a teoria não apresentava aporte suficiente para esta finalidade. Desse modo, a relação entre a representação molecular e os resultados empíricos não era satisfatória no contexto científico (MEYER; MCGOWAN, 1906).

Essa concepção não intimidou Hofmann, que seguindo o mesmo raciocínio, propôs a construção de outras moléculas, constituídas por átomos de carbono e hidrogênio, a saber: propano ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ ), etano ( $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ ), pentano ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ ), entre outras, a partir da molécula do metano (Figura 4).

<sup>18</sup> Reside nessa situação o quinto obstáculo epistemológico decodificado por OBE5.

Figura 4 – Átomos do modelo de Hofman e construção da molécula do gás metano



Fonte: (HOFMANN, 1862-6, p. 432) *apud* Rezende (2016, p. 59)

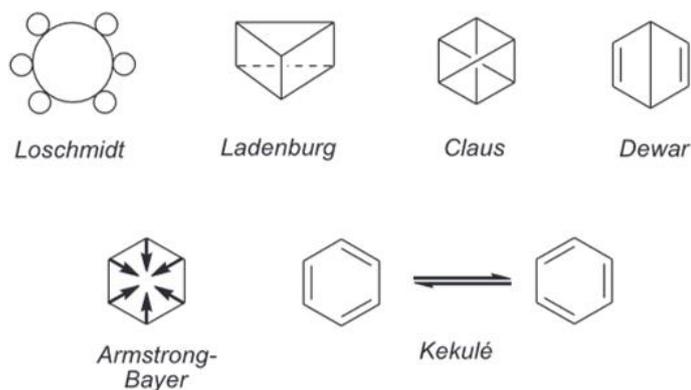
Posteriormente, algumas descobertas revolucionaram os modelos moleculares, dentre elas pode-se destacar: a criação dos modelos estruturais tridimensionais (o desvio da luz polarizada pelo ácido tartárico) de Louis Pasteur (1822-1895) e a forma tetraédrica do carbono proposta por Van 't Hoff e Le Bell, com o intuito de demonstrar esquematicamente a assimetria de uma molécula orgânica. Nessa perspectiva, surgem outros modelos ao longo dos anos (ROQUE; SILVA, 2008).

Em 1867, Kekulé, propõe um modelo estrutural para representar a molécula do benzeno, sugerindo que sua cadeia fosse fechada, associando este formato a imagem de um anel<sup>19</sup> (atualmente este composto é denominado de anel aromático ou benzeno), visto que, as cadeias carbônicas abertas que continham em sua composição ligações duplas ou triplas, apresentavam alta reatividade, entretanto esta não era uma das propriedades da molécula em tela. Nesse sentido, torna-se válido ressaltar que devido a “dificuldade em conciliar a estabilidade do núcleo benzênico com suas transformações químicas, várias estruturas foram propostas ao longo do tempo” (SILVA, 2018, p. 33). Conforme ilustrado na Figura 5.

---

<sup>19</sup> Amparados nos constructos de Bachelard (1996), predomina nesta situação um gênero realista, contribuindo para a criação de um obstáculo epistemológico.

Figura 5 – Representações estruturais do benzeno



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

Em 1887, o químico e alemão Adolf Von Bayer (1835-1917) apresentou seus estudos acerca das tensões nos anéis aromáticos, provocadas pelas ligações entre os carbonos. A partir dessa perspectiva, diversas hipóteses sobre a estabilidade das moléculas e as forças de atração dos átomos foram desencadeadas (SILVA, 2018).

O século XX, possibilitou uma maior compreensão acerca das ligações químicas, tendo em vista o desenvolvimento das teorias atômicas, corroborando também para a representação dos modelos estruturais das moléculas. Dentre elas, destaca-se a teoria de valência que contribuiu significativamente para a identificação dos paradigmas estabelecidos nas ligações entre os átomos. Nesse período, os Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha investiram para o desenvolvimento de áreas como: os estudos nucleares, indústria bélica, obtenção de medicamentos, estrutura atômica e formação das moléculas, mecânica quântica, entre outras, ampliando a relação entre a indústria e a ciência (GREENBER, 2009).

Outro fator que contribuiu para o desenvolvimento da Química orgânica foi a substituição do carvão pelo petróleo, sendo este considerado, anos mais tarde, a principal fonte de energia da indústria. Com o surgimento da indústria petroquímica, a produção de materiais plásticos, combustíveis, entre outros, resultou em uma maior exploração do petróleo possibilitando a criação de novos compostos orgânicos ou grupos funcionais derivados do carbono e hidrogênio (DIAS, 2014).

#### 1.2.5.1 – A classificação da matéria orgânica em grupos funcionais

A Química orgânica é o ramo da Química que se dedica a estudar os compostos do carbono. Este átomo, encontra-se presente em todos os compostos orgânicos,

estabelecendo ligações com outros elementos, a saber, o oxigênio, hidrogênio, azoto (nitrogênio), entre outros (FELTRE, 2004).

Com base nos estudos desenvolvidos por Kekulé, o carbono distinguia-se dos demais elementos por possuir particularidades, como:

- O elemento é tetravalente (estabelece quatro ligações com outros átomos);
- Formar ligações múltiplas (simples, duplas e triplas);
- Ligar-se a várias classes de elementos químicos (hidrogênio, metais, ametais);
- Formar cadeias com os demais átomos de carbono.

Segundo Feltre (1990), os compostos orgânicos (constituídos de carbono) são comuns em nosso cotidiano e apresentam grande importância na vida do ser humano. Dentre eles, pode-se destacar: o vinagre, o álcool, o açúcar e a gasolina. Esta última derivada do petróleo, especificamente de moléculas de hidrocarbonetos. Sobre esta substância, Scheffer (1997, p. 56), destaca que “quimicamente podemos dizer que o petróleo é uma mistura complexa de inúmeros compostos orgânicos, com predominância quase absoluta de hidrocarbonetos, que após purificação e processamento fornece um grande número de derivados”.

Com efeito, cabe salientar que considerando a vasta diversidade dos compostos orgânicos existentes, a sua classificação torna-se dificultada<sup>20</sup>, devido à semelhança entre suas propriedades. Nesse sentido, busca-se organizá-los a partir das características presentes em cada grupo funcional, denominando-as de Funções Orgânicas. Pautados nas contribuições de Amaral (1973), as Funções Orgânicas apresentam propriedades químicas semelhantes, caracterizando, dessa maneira, os diversos compostos orgânicos existentes. Essas qualificações são denominadas de grupos funcionais. Para tanto, o referido autor propõe organizar essas estruturas funcionais atendendo os requisitos semelhantes em cada propriedade.

Segundo Solomons e Fryhle (2012, p. 63) os grupos funcionais “são arranjos característicos e específicos de átomos que conferem reatividade e propriedades predeterminadas a uma molécula”. Nessa perspectiva, pode-se salientar que os tipos de ligações entre carbono-carbono são: simples, duplas e triplas, (Figura 6), e constituem os grupos funcionais correspondentes aos hidrocarbonetos (alcanos, alcenos, alcinos e Alcadienos).

---

<sup>20</sup> Reside nessa situação o sexto obstáculo epistemológico decodificado por OBE6.

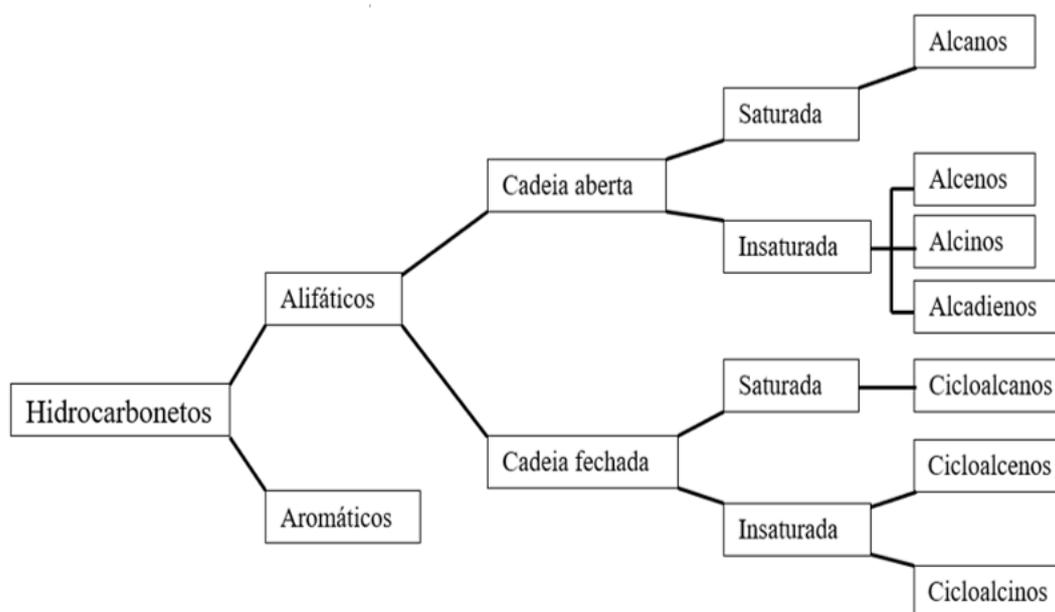
Figura 6 – Tipos de ligações entre carbonos



Fonte: O autor (2021)

Os hidrocarbonetos são estruturas orgânicas formadas apenas por átomos de carbono e hidrogênio. Esses compostos são divididos em dois grandes grupos, os alifáticos e os aromáticos. Para Dias (2014, p. 9) “os alifáticos por sua vez ainda se subdividem hidrocarbonetos de cadeia aberta, os Alcanos, Alcenos e Alcinos, e hidrocarbonetos cíclicos, de cadeia fechada, cicloalcanos, cicloalcenos e cicloalcinos”. Conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Classificação dos Hidrocarbonetos



Fonte: O autor (2021)

Nesse sentido, Solomons (2009) destaca que os alcanos são estruturas que apresentam somente ligações simples entre os carbonos constituintes da cadeia principal. Os alcenos, por sua vez, caracterizam-se pela presença de uma ligação dupla, distinguindo-se dos alcadienos, que em sua estrutura apresentam duas ligações duplas. Por fim, os alcinos, são identificados pela presença de uma ligação tripla, na cadeia carbônica.

Com efeito, os hidrocarbonetos podem ser considerados, grupo imprescindível dos compostos orgânicos, visto que a partir dele, derivam as demais funções, como por exemplo: as Funções Orgânicas oxigenadas e nitrogenadas (SANTOS; MÓL, 2013).

Para Masterton e Hurley (2010) essa derivação, ocorre devido a substituição de um dos átomos de hidrogênio do hidrocarboneto, por um grupo funcional (átomos de oxigênio, nitrogênio ou halogênios), originando compostos orgânicos oxigenados, nitrogenados ou halogenados. Desse modo, cabe salientar que cada Função Orgânica é caracterizada por um grupo funcional específico.

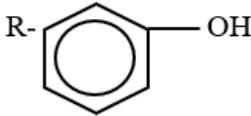
A principal característica da Função Orgânica oxigenada é a presença de um ou mais átomos de oxigênio em sua estrutura, além dos átomos de carbono e hidrogênio. Dentre elas, podem-se destacar: os álcoois, os ácidos carboxílicos, os aldeídos, as cetonas, os éteres, os ésteres, os fenóis, os enóis, entre outras. Cada uma com seu respectivo grupo funcional, conforme aponta Lapa e Silva (2016):

O grupo funcional de um álcool é a hidroxila (-OH) ligada a um carbono saturado, este mesmo grupo funcional quando ligado diretamente ao anel aromático caracteriza um fenol. A carbonila (C=O) é o grupo funcional presente tanto nas cetonas quanto nos aldeídos, o que as diferencia é o elemento no qual a carbonila se liga. Quando ligada a pelo menos um átomo de hidrogênio, temos um aldeído, quando ligada a dois átomos de carbono, tem-se uma cetona. Esse ainda pode ligar-se ao grupo alcoxila (-O-R), representando assim um éster. Os éteres apresentam o átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono (C-O-C). Já a carboxila (COOH) está presente nos ácidos carboxílicos (LAPA; SILVA, 2016, p. 107).

Considerando os grupos funcionais referente aos compostos orgânicos oxigenados, apresentados por Lapa e Silva (2016), o quadro (Quadro 1) a seguir tem como objetivo demonstrar como cada grupo específico pode ser representado em uma cadeia carbônica.

Quadro 1 – Representação estrutural dos grupos funcionais dos compostos oxigenados

<b>GRUPO FUNCIONAL</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>EXEMPLO</b>
R- OH	Álcool	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> - OH
R- COH	Aldeído	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{H} \end{array}$

R- COOH	Ácido carboxílico	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$
R- O -R'	Éter	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$
R- COOR'	Éster	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
R - CO - R'	Cetona	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ - \text{C} = \text{R} \end{array}$	Enol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \overset{\text{OH}}{\text{C}} = \text{CH}_2$
	Fenol	

Fonte: O autor (2021)

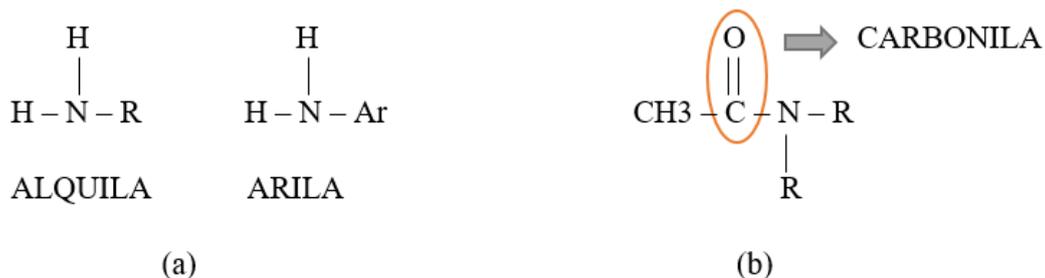
Além dos compostos oxigenados supracitados, podem-se destacar também as Funções Orgânicas nitrogenadas, que apresenta como característica principal, a presença do átomo de nitrogênio ligado a cadeia carbônica. Sobre essas substâncias Gomes *et al.*, (2014, p. 1124) discorrem que “os compostos nitrogenados possuem uma importante função metabólica<sup>21</sup> nas células, sendo essenciais para a formação das proteínas presentes no organismo humano”. De acordo com Silva (2017), os principais grupos pertencentes a estas funções são: amina, amidas, nitrocompostos, nitrilas e isonitrilas.

Para Silva (2013), as aminas e amidas fazem parte das funções mais importantes dos compostos orgânicos. As aminas derivam da molécula da amônia

<sup>21</sup> A associação da Função Orgânica ao funcionamento de um organismo vivo, caracteriza um gênero produtor de um obstáculo epistemológico, pois Santos (1998), trata-se de uma situação de animismo, recorrente no ensino de ciências com o intuito de diminuir as dificuldades de apropriação do conhecimento científico.

(NH<sub>3</sub>), por meio da substituição de um ou mais átomos de hidrogênio, por grupos arila (Ar) ou alquila (R) (Figura 8a). Já as amidas, caracterizam-se por apresentar um átomo de nitrogênio interligado a uma carbonila (C=O), (Figura 8b) (SOLOMONS; FRYHLE, 2012).

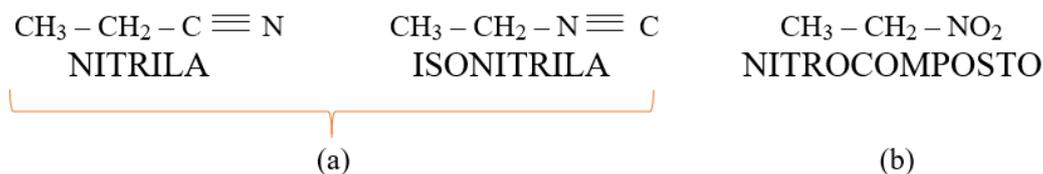
Figura 8 – (a) Representação estrutural da amina ligada aos grupos alquila e arila; (b) Representação estrutural da amida.



Fonte: O autor (2021)

Com relação as funções nitrilas e isonitrilas, suas derivações ocorre a partir do gás cianídrico (HCN), distinguem-se apenas na ordem da ligação entre carbono e nitrogênio, sendo a nitrila possui um radical (- CN) ligado a cadeia carbônica e a isonitrila o grupo (- NC), conforme ilustrado na Figura 9a. Já os nitrocompostos, além de apresentarem o átomo de nitrogênio interligado aos elementos carbono e hidrogênio, possuem dois oxigênios ligados a este, caracterizando como um radical denominado “nitro”, (Figura 9b) (KLEIN, 2016).

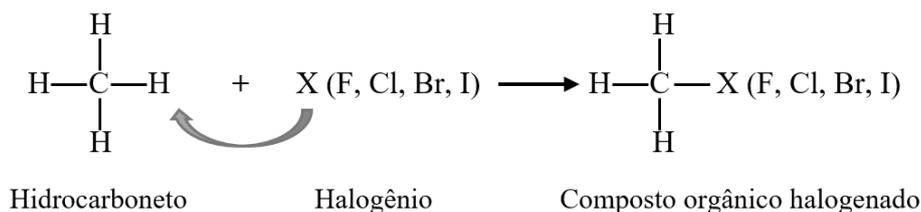
Figura 9 – (a) Exemplo de estrutura das funções nitrila e isonitrila; (b) Exemplo de estrutura da função nitrocomposto.



Fonte: O autor (2021)

Por fim, os compostos orgânicos classificados, segundo Masterton e Hurley (2010), como halogenados, são caracterizados pela presença de um halogênio (x) (em que x pode ser flúor, cloro, bromo e iodo ligado a um carbono da cadeia carbônica principal, ou seja, um dos átomos de hidrogênio interligados ao carbono é substituído pelo grupo funcional em tela) (Figura 10).

Figura 10 – Estrutura do composto orgânico halogenado a partir da substituição do átomo de hidrogênio por um halogênio (x).



Fonte: O autor (2021), adaptado de Solomons (2012, p. 64)

Com efeito, deve-se salientar que apesar da diversidade de compostos orgânicos existentes na atualidade, suas formas de representações estruturais passaram por modificações ao longo da história. Durante o século XIX, as primeiras estruturas moleculares baseavam-se nas proposições teóricas de Dalton, Laurent, Berzelius, Kekulé, Van' Hoff e Le Bell, tendo em vista, a teoria atômica, a ideia de isomerismo, o desenvolvimento das primeiras estruturas químicas e a tetravalência do carbono. Entretanto, a partir dessa época entendeu-se a necessidade de relacionar os dados empíricos com os teóricos. Sobre essa concepção Bachelard (2006), afirma que:

A necessidade de se estabelecer relação entre os dados empíricos e os dados teóricos fez Auguste Laurent, em meados do século XIX, afirmar que uma ciência química que se limite à mera descrição dos fenômenos não está cumprindo seu papel. Laurent quer que os fatos confirmem as ideias, mas é preciso que as ideias imediatamente façam prever novos fatos (BACHELARD, 2006, p. 54).

Nesse sentido, o intuito de atrelar os dados empíricos conhecidos na época, a uma teoria capaz de prever novas descobertas, possibilitou o surgimento de novas contribuições teóricas supracitadas, como forma de evolução das estruturas dos compostos orgânicos. Entretanto, de acordo com Cedran e Filho (2019), aponta-se que para a representação estrutural dos compostos orgânicos reconhecidos atualmente, foi necessário estabelecer uma relação entre as propriedades físicas e químicas e cada uma dessas estruturas. Partindo desse pressuposto, segundo os autores, pode-se inferir que esta relação:

é um dos principais aspectos (ou o principal) para o desenvolvimento e compreensão das estruturas dos compostos orgânicos, pois, para que cada uma das teorias fosse proposta foi necessário que cada cientista tivesse conhecimento das propriedades físicas e químicas dos compostos e com essas informações teve de adequar sua proposta aos dados empíricos (CEDRAN; FILHO, 2019, p. 385).

Nessa perspectiva, o nascimento da Mecânica Quântica, também contribuiu para a modificar a compreensão sobre as estruturas dos compostos orgânicos, visto que neste período surgiu o conceito de orbitais atômicos e moleculares. Doravante, essas estruturas passam a ser compreendidas a partir da fundamentação teórica que

embasava os orbitais supracitados. Enquanto as propriedades físicas e químicas derivavam das interações eletrônicas inter e intramoleculares.

Por fim, o contexto histórico-epistemológico destacado até aqui, contribuiu para caracterizar os obstáculos (Quadro 2) que impulsionaram os estudiosos da época a buscarem alternativas de cunho metodológico ou teórico para sanar as problemáticas originadas ao longo do tempo.

Quadro 2 – Obstáculos epistemológicos identificados para o desenvolvimento do conceito de FO.

Marcador	Obstáculo Epistemológico	Autores que superaram os obstáculos	Como os autores superaram os obstáculos
OBE1	Teoria contrária aos constructos paracelista, compreendendo os princípios enxofre, mercúrio e o sal como fundamentais para a matéria.	Helmont	A matéria é constituída pelos elementos fundamentais: água e ar. As doenças são ocasionadas a partir da interação da matéria com archeus, uma espécie de “espírito” ou “força” imanente nos corpos, ou pela falta ou excesso dos elementos fundamentais constituintes da matéria.
OBE2	Teorias adversas à concepção de que o átomo era compreendido como entidade fundamental da matéria.	Dalton	Propôs a “teoria atômica” afirmando que todos os elementos consistiam de átomos minúsculos, indestrutíveis e que todas as substâncias compostas eram simples combinações desses átomos.
OBE3	Dificuldade de representar as estruturas dos compostos a partir dos dados empíricos, considerando os elétrons de cada átomo.	Kekulé-Couper	Propuseram a teoria estrutural, estabelecendo a tetravalência (quatro ligações) do átomo de carbono, concluindo que os compostos orgânicos são constituídos especificamente por cadeias carbônicas. E um modelo estrutural para representar a molécula do benzeno.

OBE4	Dificuldade de explicação da semelhança entre as estruturas dos compostos orgânicos.	Butlerov	propôs uma explicação para a existência de isômeros a partir de fórmulas estruturais ou “estruturas químicas.
OBE5	Limitações para representar as estruturas dos compostos em três dimensões.	Van 't Hoff, Le Bell e Pasteur	Propuseram a criação dos modelos estruturais tridimensionais e a forma tetraédrica do carbono, com o intuito de demonstrar esquematicamente a assimetria de uma molécula orgânica
OBE6	Dificuldade de caracterização dos compostos orgânicos, levando em consideração as propriedades semelhantes entre ambos.	Amaral	Estabeleceu a caracterização dos compostos orgânicos a partir das semelhanças entre suas propriedades, denominando-as de grupos funcionais.

Fonte: O autor (2021)

Os obstáculos epistemológicos supracitados foram fundamentais para a promoção de reflexões acerca do processo de ensino habitual (que será discutido na próxima seção), quando considerados em uma perspectiva didática, tendo em vista, a identificação dos aspectos negativos que influenciam o processo de ensino e aprendizagem, destacados por estudiosos da área.

### 1.3 – Levantamento teórico sobre a organização do ensino das Funções Orgânicas

Uma característica presente nas disciplinas que compõem a área de exatas, especificamente, a disciplina de química, baseia-se na memorização de conceitos, fórmulas e leis. Desse modo, as aulas assumem um perfil monótono, impedindo ou inibindo a participação ativa dos estudantes, na construção do conhecimento científico. Além disso, os conteúdos ensinados dessa forma, no âmbito educacional, não permitem a reflexão sobre os fenômenos vivenciados no cotidiano, nem conseguem desenvolver o senso crítico investigativo pelo conhecimento.

Partindo desse entendimento, torna-se necessário realizar um levantamento a fim de verificar como o ensino das F.O. é organizado. Além disso, diferentes abordagens metodológicas se fazem necessárias, com o intuito de amenizar as dificuldades de

aprendizagem oriundas do processo de memorização. Dentre esses recursos, destaca-se os jogos didáticos, o uso de aulas experimentais, aulas baseadas na metodologia ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas), tecnologias digitais, projetos interdisciplinares entre outros.

Com efeito, as discussões a seguir referem-se ao estudo da organização do ensino habitual, que se deu a partir dos documentos oficiais, como LDB, BNCC, PCNEM, um levantamento bibliográfico, bem como de análises de teses e dissertações sobre a aprendizagem das Funções Orgânicas. Nessa perspectiva, foram consideradas características demarcadas a partir do levantamento histórico e epistemológico e as principais dificuldades de aprendizagem dos discentes sobre FO apontadas pelos pesquisadores.

### **1.3.1 – Organização do ensino das Funções Orgânicas**

Este tópico teve como objetivo apresentar uma estruturação didática acerca da noção de FO sob um olhar de diferentes abordagens metodológicas. Nesse sentido, foi realizado o levantamento de alguns referenciais bibliográficos que tiveram como enfoque a aprendizagem do conteúdo em tela. Desse modo, os autores relatam as dificuldades dos discentes, bem como as estratégias, fundamentos teóricos e recursos didáticos utilizados.

Estudos recentes, que tem como foco o processo de ensino e aprendizagem em química, tem apontado abordagens metodológicas cujo objetivo consiste em desenvolver competências e habilidades dos estudantes do EM, corroborando para a formação crítico-reflexiva acerca dos diferentes tipos de conhecimento consolidadas ao longo da história dessa disciplina.

Com relação as abordagens metodológicas pode-se destacar o uso de recursos como aulas experimentais, jogos didáticos, que segundo Oliveira e Binsfeld (2016, p. 1) “podem se tornar importantes aliados no contexto escolar, uma vez que são capazes do desenvolvimento cognitivo, afetivo, social e moral”. Tecnologias e projetos interdisciplinares e o enfoque CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), que possui especificidade para área de ciências naturais. Cabe salientar que essas estratégias são investigadas e divulgadas em estudos, pesquisas e eventos da área de Química, como possíveis formas de promover a “construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (BRASIL, 2000, p. 240).

No tocante aos conhecimentos científicos, que devem ser ensinados e aprendidos no EM, inerentes a disciplina de química, tem-se como referência os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM, que justifica a

formação do discente amparada em três pilares, a saber: as transformações químicas, os modelos explicativos e os materiais e suas propriedades (BRASIL, 2002). Com base nos estudos que versam sobre o ensino e aprendizagem em química, os conteúdos relacionados ao segundo pilar supracitado, tem sido investigados com frequência (GIBIN; FERREIRA, 2010; MELO; NETO, 2012) com o objetivo de promover práticas educacionais, que relacionem o conhecimento teórico da química (a nível microscópico) com a realidade macroscópica a partir de modelos representativos.

Além disso, destaca-se também as contribuições da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), como documento legal para compor o EM, tendo em vista, o artigo 4º da Lei nº 13.415 de 2017, amparada pelo artigo 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB (BRASIL, 1996). Nesse sentido, este documento salienta o uso de diferentes metodologias, bem como, a utilização de diversos instrumentos didáticos, distribuídos através das competências envolvidas em um conjunto de habilidades imprescindíveis para a formação dos alunos.

Nessa perspectiva, a aprendizagem dos conhecimentos químicos justifica-se por meio dessas competências e habilidades, visto que estas:

“permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 547).

Com efeito, destaca-se que os conhecimentos químicos adquiridos ao longo do processo de formação do ensino fundamental, serão aprofundados e consolidados no decorrer de todo o Ensino Médio.

Para tanto, a aprendizagem dos conhecimentos químicos, especificamente os conteúdos de química orgânica, é importante, pois de acordo com Ferreira e Del Pino (2009) diversos produtos presentes em nosso cotidiano, considerados essenciais para o desenvolvimento da humanidade são possíveis a partir de pesquisas nesta área. Dentre eles destacam-se: os combustíveis, os medicamentos, as tintas e solventes, os sabões, detergentes e aditivos alimentares, a borracha sintética, os fertilizantes, os polímeros, entre outros.

Desse modo, os produtos supracitados são representados a partir das fórmulas estruturais das diversas Funções Orgânicas existentes (CAMPOS, 2019). Nesse sentido, a compreensão deste conteúdo é importante para que o estudante possa conhecer e saber manusear as substâncias que estão ao seu redor. Dessa maneira, no que concerne o ensino de FO, o professor pode utilizar estratégias que propiciem no aprendiz seu desenvolvimento conceitual, tornando o ambiente de sala de aula

dinâmico, promovendo a interação entre os discentes, explorando principalmente os aspectos visuais, ou seja, os modelos estruturais referentes as classificações de cada Função Orgânica. De acordo com Costa (2005) “Nosso cérebro foi desenvolvido para processar as informações visuais organizando-as em modelos que reconstróem internamente a realidade, dando-lhes sentido. Por isso, ver é conhecer” (COSTA, 2005, p. 32). Logo, abordagens tridimensionais no ramo da química, seja por meio de recursos tecnológicos ou manuseio de materiais diversos, ocorrem a partir da natureza simbólica, microscópica e macroscópica.

Com relação ao nível microscópico Gibin e Ferreira (2010) afirmam que:

o fenômeno químico é representado por meio do arranjo espacial e pelo movimento/interação de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras espécies químicas. É importante salientar que este nível explica em termos atômicos/moleculares as representações macroscópicas. (GIBIN; FERREIRA, 2010, p. 1811).

As representações simbólicas e microscópicas da química, configuram-se, pelo caráter abstrato, as dificuldades conceituais e de compreensão dos modelos explicativos, geralmente explorados em livros didáticos. Sobre esse contexto, Silva (2018), destaca que “Esse caráter abstrato justifica a necessidade de aproximações teóricas que subsidiem o planejamento, elaboração, aplicação e avaliação de sequências de ensino, de modo a considerar a natureza epistemológica dos conhecimentos envolvidos” (SILVA, 2018, p. 42).

Diversos estudos apontam que a explicação dos conceitos químicos a nível microscópico e a aprendizagem das inúmeras simbologias ocorre de modo limitado por parte dos estudantes (PEKDAG; AZIZOGLU, 2013). Diante do exposto e das justificativas destacadas nas publicações das pesquisas, nota-se que algumas aulas de química são constituídas de explicações vagas acerca dos conceitos químicos inerentes ao nível atômico e molecular, dificultando, dessa forma, a compreensão dos fenômenos macroscópicos presentes no cotidiano dos alunos.

No tocante ao ensino de química pode-se destacar inúmeras dificuldades elencadas no decorrer do processo de aprendizagem, inclusive, das FO. Nesse contexto Germano *et al.* (2010) afirmam que o conhecimento científico em destaque, presente no currículo da disciplina de química é um dos conteúdos escolares que apresentam maior objeção dos alunos, quanto a sua aprendizagem. Os autores afirmam ainda que essas barreiras de aprendizagem expostas pelos alunos estão relacionadas aos aspectos de identificação, nomenclatura e aplicações das FO no cotidiano.

Outra concepção acerca desses obstáculos de aprendizagem é destacada por Medeiros e Lopes, (2017), quando afirmam que os discentes possuem “dificuldades em

fixar as propriedades e estruturas dos compostos e, principalmente, recordar sua nomenclatura” (MEDEIROS; LOPES, 2017, p. 176). De maneira convergente Watanabe e Recena (2008), afirmam que os estudantes apresentam “dificuldades no aprendizado das propriedades, fórmulas estruturais e nomenclaturas das principais FO, ou seja, no entendimento do nível simbólico” (WATANABE; RECENA, 2008, p. 2). Reforçando as ideias apresentadas por Medeiros e Lopes (2017). Desse modo, pode-se destacar que as dificuldades discriminadas pelos autores supracitados, podem promover reflexões e melhorias no processo de ensino e aprendizagem.

Considerando os desafios de aprendizagem acerca das Funções Orgânicas destacados anteriormente, diversos autores propõem a utilização de diferentes abordagens metodológicas como forma de minimizar essas barreiras. Dentre elas pode-se salientar o trabalho desenvolvido por Figueiredo (2017), que propôs o uso de histórias em quadrinhos, além da aplicação de questionários para verificação dos conhecimentos dos alunos, como recurso para a aprendizagem das Funções Orgânicas. Para tanto, os resultados, referente a proposta apresentada pela autora, mostrou-se inovadora e com potencial em despertar o interesse dos discentes quanto a aprendizagem das FO, promovendo maior interação e participação nas discussões, no decorrer das aulas.

Por outro lado, Lambach (2013), aponta como alternativa metodológica uma sequência didática cujo tema gerador era “Sobrevivendo do lixo”. De acordo com o autor, ao relacionar o conteúdo químico com problemáticas sociais, o conhecimento pode assumir um significado social para os discentes. Após a leitura do texto “Brasil é o segundo país mais desigual” os estudantes foram convidados a realizar um levantamento dos produtos que eles consomem, posteriormente realizaram a discussão dos que são ou não imprescindíveis para o seu cotidiano. Em seguida, o professor solicitou que os mesmos listassem os materiais que eles descartam diariamente no lixo, propondo que criação de uma tabela indicando quais são de origem orgânica, além de identificarem quais as FO estão presentes nos materiais listados. Essa tarefa tinha como objetivo incentivar os alunos a refletirem sobre a quantidade de lixo produzido, bem como sua forma de descarte.

Outra abordagem metodológica que se pode considerar ferramenta facilitadora no processo de ensino aprendizagem trata-se dos jogos didáticos. Nessa perspectiva, Campos (2009), realizou, em sua pesquisa de mestrado, um estudo de caso com o objetivo de analisar a contribuição didática que o jogo lúdico proporciona no processo de ensino e aprendizagem das Funções Orgânicas. Partindo dessa premissa, o autor fez um comparativo entre a metodologia expositiva e a lúdico-educativa, valendo-se também de jogos como, tabuleiro da química orgânica, macro modelos moleculares e memória da química orgânica. Por conseguinte, o autor conclui que a utilização de

recursos lúdicos no espaço de sala de aula, promove a autonomia, habilidade de trabalho em equipe, assimilação e resolução de problemas, além de beneficiar a subjetividade dos estudantes.

Com efeito, os subsídios históricos e epistemológicos de um conteúdo específico proporcionam a busca por argumentos para uma concepção crítico-reflexiva acerca da estruturação didática deste. Nessa perspectiva, a investigação do processo de evolução da noção de FO e as sugestões de recursos e procedimentos metodológicos mapeiam a organização didática do conteúdo em tela.

Nesta ótica, até aqui pôde-se investigar sobre o processo de evolução da noção das FO, quais as sugestões de recursos didáticos e metodologias as pesquisas apontam e quais as recomendações os documentos oficiais destacam quanto ao desenvolvimento de competências e habilidades dos discentes na aprendizagem das FO. Para tanto, a comparação dessas informações possibilitou elencar alguns aspectos relevantes, referentes a noção de FO, conforme ilustrado no Quadro 3.

Quadro 3 – Considerações acerca da organização didática do conteúdo Funções Orgânicas

Marcador	Considerações
CONC1	Existe uma preocupação evidente dos pesquisadores quanto aos aspectos cognitivos dos estudantes no que se refere as representações estruturais das FO, ou seja, preocupam-se em desenvolver nos discentes, habilidades visuoespaciais das mesmas.
CONC2	A organização dos recursos didáticos deve-se fundamentar em teorias que propiciem a elaboração consciente das diferentes etapas de aprendizagem.
CONC3	As dificuldades de aprendizagem das FO, bem como os erros conceituais derivam dos aspectos de identificação, nomenclatura e aplicações destas no cotidiano.
CONC4	Os recursos tecnológicos ou alternativos como jogos didáticos, abordagem com enfoque CTSA, aulas experimentais e projetos interdisciplinares são requisitados com maior frequência para o desenvolvimento de habilidades visuoespaciais para o ensino de química.
CONC5	As FO são importantes, pois constituem diversos produtos presentes em nosso cotidiano, considerados essenciais para o desenvolvimento da humanidade.

Fonte: O autor (2021)

Partindo desse entendimento propõem-se estratégias teóricas e metodológicas distintas das apresentadas anteriormente, com o intuito de investigar os efeitos de recursos experimentais no processo de aprendizagem das FO, tendo em vista, as questões levantadas nesta etapa preliminar da pesquisa.

Por fim, o próximo tópico contempla a fundamentação teórica que embasou a organização estrutural da Sequência Didática, permitindo avaliar o desempenho dos discentes em cada uma das etapas, tendo em vista, os diferentes objetivos de aprendizagem.

#### **1.4 – Considerações teóricas sobre Neurociência Cognitiva**

A presente seção tem como objetivo apresentar fundamentos teóricos acerca da aprendizagem considerando a perspectiva da Neurociência Cognitiva<sup>22</sup>. É importante destacar que esse aporte teórico, tece relações entre os achados das áreas da neurociência, psicologia e educação<sup>23</sup> referentes aos processos cognitivos mais específicos, a saber: a importância da “seleção de estímulos” no desenvolvimento de habilidades visuoespaciais e na execução de tarefas na área de ciências, ou ainda de modo geral, como a influência da audição na consolidação de informações/estímulos relacionados a situações cotidianas. Para tanto, destaca-se que esta seção contempla a primeira fase da EDC análises prévias.

Nessa perspectiva, a análise preliminar, segundo Artigue (1998), visa descrever os principais aspectos que conceituam o fenômeno em tela, dentre eles, destacam-se os epistemológicos, didáticos e cognitivos. Em suma, esta fase pode ser compreendida em cinco etapas, a saber: análise epistemológica; análise do campo de restrições do nível da realização didática efetiva; análise das concepções dos alunos, das dificuldades e dos obstáculos que marcam sua evolução e análise e delimitação dos objetivos específicos da pesquisa.

Com efeito, para fins deste estudo serão considerados as seguintes etapas: análise epistemológica, análise do ensino usual e seus efeitos e a análise e delimitação dos objetivos específicos da pesquisa, visto que, o tempo disponível para pesquisa não é suficiente para englobar todas as etapas da EDC. Além disso, as etapas selecionadas contemplam os objetivos elencados para este estudo.

---

<sup>22</sup> “A Neurociência Cognitiva é uma área interdisciplinar de pesquisa que combina a mensuração da atividade cerebral (principalmente por meio de neuroimagem) com a realização simultânea de tarefas cognitivas por seres humanos” (PEREIRA, 2007, p. 158).

<sup>23</sup> Cabe salientar, para efeito desta pesquisa que o termo educação refere-se as experiências vivenciadas no ambiente de sala de aula, vinculadas ao processo de ensino aprendizagem, que por sua vez podem ser associadas a fenômenos que ocorrem no SN do educando. Nesse sentido, pode-se inferir que a Neurociência corrobora para a educação, pois possibilita a reflexão da prática docente acerca de estratégias pedagógicas e suas relações com os aspectos do funcionamento cerebral.

### 1.4.1 – Aspectos históricos da neurociência: uma viagem pela origem do cérebro.

A curiosidade de entender como o cérebro humano funciona, surgiu desde a antiguidade, ainda na Pré-história, período que, o sistema nervoso já era considerado crucial para a vida. Muito desse entendimento deve-se ao método utilizado na época, denominado de trepanação, procedimento cirúrgico adotado para tratar doenças mentais. De acordo com Rodrigues e Ciasca (2010), essa técnica “consistia em se fazer orifícios em crânios de indivíduos vivos, que tinha como objetivo curar dores de cabeça e transtornos mentais ou abrir as “portas” para a saída de maus espíritos” (RODRIGUES; CIASCA, 2010, p. 118-119).

Em um período correspondente há 5.000 anos, evidências também apontam que os egípcios detinham conhecimento acerca dos sintomas provenientes de danos cerebrais. Entretanto, acreditava-se naquela época, que o coração seria o responsável pelo armazenamento da memória e a sede do espírito. A partir dessa concepção, o corpo do indivíduo era conservado após a morte, enquanto o cérebro era descartado. Contudo, essa civilização contribuiu para o entendimento estrutural do cérebro, apresentando seus primeiros desenhos anatômicos, destacando áreas importantes deste órgão, como as meninges e o líquido cefalorraquiano (LCR) (PORTES, 2015).

A visão do encéfalo na Grécia antiga, destacada por diversos eruditos do século 4 a. C. é demarcada pela relação entre estrutura e função, ou seja, acreditava-se que este órgão seria responsável pelas sensações. Nesse período, Hipócrates<sup>24</sup> (469-379 a. C.) lança a teoria de que as sensações dos indivíduos estão diretamente relacionadas ao encéfalo, sendo este, responsável pela inteligência.

Apoiado nas ideias de Hipócrates, Platão, destaca em sua obra *Timeu*, a composição da alma em três partes: o intelecto (logos) (o cérebro seria a sede e controlaria o resto do corpo, considerada a parte mais divina e imortal), a cabeça (responsável por interligar-se ao restante do corpo, por meio do pescoço, separando a alma imortal e divina da mortal), e a alma mortal que seria subdividida em outras duas: uma na porção torácica, localizada no coração, responsável pelos sentimentos e pela coragem e a outra encontrava-se entre o umbigo e o diafragma, especificamente na região abdominal, responderia pelos desejos.

---

<sup>24</sup> Nascido na ilha de Cós, na Grécia, Hipócrates consolidou uma obra muito importante para a medicina, seus estudos versavam sobre os Aforismos, os quatro princípios fundamentais da medicina e a criação de um juramento, que tem seu nome como forma de homenagem. Por isso, ainda hoje Hipócrates é considerado o “Pai da Medicina” (FILHO, 2016).

Nesse sentido, nota-se que as concepções até aqui apresentadas, estão voltadas para a tese cefalocentrista, que consiste em discutir distúrbios oriundos do cérebro. De acordo com esse estudo, o cérebro era considerado sede das funções mentais, inclusive da inteligência (CASTRO; LANDEIRA-FERNANDEZ, 2011).

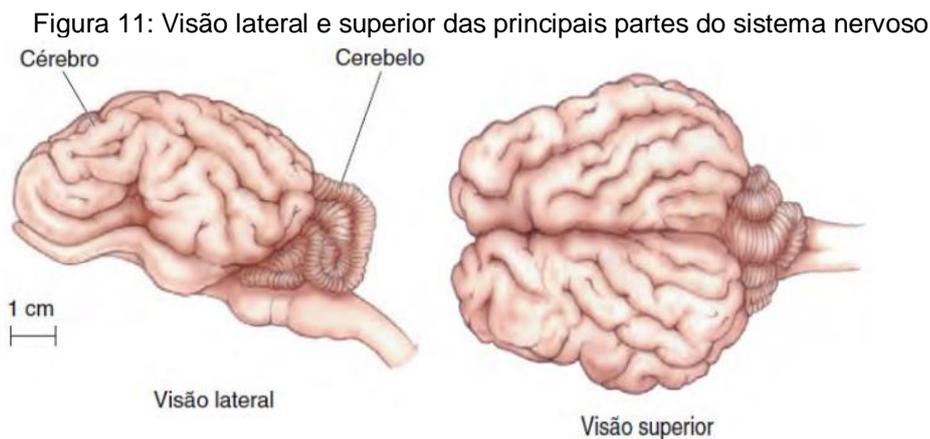
Entretanto, os ideais apresentados por Hipócrates não eram aceitos universalmente, confrontando as concepções de vários estudiosos, principalmente as de Aristóteles (384-322 a.C.). Para o filósofo grego, o centro do intelecto encontrava-se no coração, ao qual superaquecia o sangue, que por sua vez era resfriado pelo cérebro, como uma espécie de radiador (RODRIGUES; CIASCA, 2010). Segundo Rezende (2008):

Aristóteles, por desconhecer os nervos, imaginava que os olhos e ouvidos estavam ligados aos vasos sanguíneos, responsáveis por levar as percepções ao coração. Tais conexões permitiam ao coração governar todas as sensações, movimentos e ações. O cérebro, por outro lado, modera o calor e a agitação do coração (REZENDE, 2008, p. 24).

Durante o Império Romano, as contribuições de Galeno<sup>25</sup> (130–200 d.C), (influenciado pelas ideias de Hipócrates acerca do encéfalo e também pelas dissecações que realizava em animais) promoveram um novo olhar para o sistema nervoso. Para o médico, deve-se evidenciar duas partes principais nesse sistema: o **cérebro**, localizado na região frontal e com consistência macia e o **cerebelo**, localizado na região atrás do cérebro e com consistência mais dura, conforme ilustrado na figura 11. Além disso, existiriam fluidos (ventrículos) em determinados compartimentos do encéfalo. Pautados em seus experimentos, Galeno, chega à conclusão que a formação da memória depende das sensações impressas no encéfalo, especificamente na região frontal (cérebro). Desse modo, fluidos circulariam por tubos ocos, conhecidos mais tarde como nervos e produziram movimentos, gerados pelo cerebelo (RODRIGUES; CIASCA, 2010). Para tanto, Portes (2015, p. 170), afirma que “Galeno acreditava que os fluidos do sistema nervoso e da medula espinhal eram levados a diferentes áreas do corpo. Para Galeno, a partir do mecanismo de energias fluidas, o cérebro atuava como um receptor de informações e era responsável pelo controle motor”. Reforçando a ideia que o corpo funciona a partir da circulação desses fluídos.

---

<sup>25</sup> Galeno “foi uma figura fundamental na história da medicina por realizar investigações que se apoiavam tanto nos escritos hipocráticos quanto nos aristotélicos” (TALAMONI, 2014, p. 25). Dentre suas principais contribuições, destaca-se a transposição dos seus conhecimentos sobre Anatomia Animal para a Anatomia Humana.



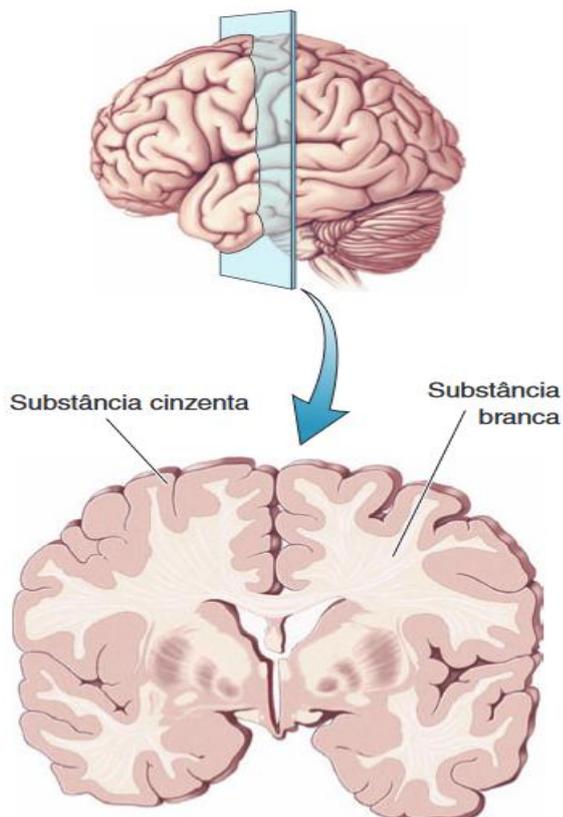
Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 5)

No século XVII, os estudos acerca do encéfalo são destacados pelo defensor da teoria de fluido mecânico, René Descartes<sup>26</sup>, ao qual afirma que essa teoria não seria suficiente para explicar o comportamento humano, mas sim dos animais. Para ele, alma e o intelecto estariam presentes no indivíduo por ação divina, ou seja, dadas por Deus. Desse modo, o comportamento humano era controlado pelos mecanismos cerebrais somente quando se assemelhavam ao dos outros animais, notadamente, o desenvolvimento das capacidades mentais aconteciam, externas ao encéfalo, na mente (RODRIGUES; CIASCA, 2010).

Em meados do final do século XVII e início do século XVIII, os estudiosos, desviando-se das propostas de Galeno, passam a dar ênfase às substâncias presentes no encéfalo, pois sustentavam que o tecido cerebral era composto por duas substâncias: uma branca e outra cinzenta, conforme ilustrado na figura 12.

<sup>26</sup> Nascido na França no ano de 1596, o físico, matemático e filósofo René Descartes, é considerado um dos maiores pensadores e influentes do pensamento ocidental. Com seu pensamento revolucionário, Descartes inspirou várias gerações filosóficas posteriores, deixando inúmeras contribuições para as diversas áreas da ciência, tais como: Princípios da Filosofia, no campo da Filosofia, o pensamento cartesiano e suas influências, no campo da Matemática, o mundo ou tratado da luz, no campo da Física, entre outros (SANTOS; CRUZ, 2016).

Figura 12: Ilustração de substância cinzenta e branca no tecido cerebral

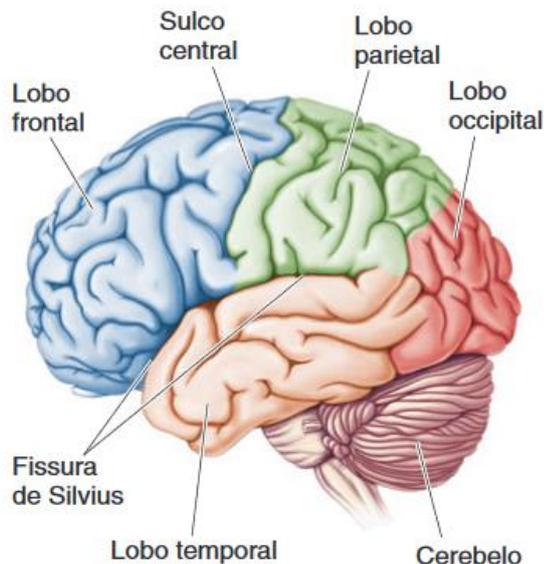


Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 7)

A substância branca apresentava um aspecto contínuo, seguida dos nervos do corpo e fibras, sua função consistia em levar e trazer informações para a região cinza. Sobre essas substâncias Rezende (2008) afirma que a branca ocupa a região do centro do encéfalo enquanto a cinza, a região do córtex cerebral.

Muito embora, as descobertas salientadas anteriormente sejam relevantes para avançarmos quanto ao entendimento da máquina humana. Somente no final do século XVIII, alguns acontecimentos conseguem sanar as inquietações acerca da estrutura e funcionamento do sistema nervoso. São eles: a divisão do sistema nervoso em central (corresponde ao cérebro e medula espinhal) e periférico (feixes nervosos que interligam o sistema nervoso as outras regiões do corpo). A identificação de giros (saliências) e sulcos (fissuras) na superfície cerebral de cada pessoa. A divisão do encéfalo em lobos (figura 13). Por fim, a descoberta da natureza elétrica no sistema nervoso. Nesse sentido, a noção de fluido é substituída pela noção de eletricidade.

Figura 13: Divisão do encéfalo em lobos.



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

Com base nesses estudos, em meados do século XIX, Franz Joseph Gall (1758-1828), juntamente com seus colaboradores desenvolvem uma teoria, denominada de frenologia, que a partir de uma análise anatômica minuciosa do crânio do indivíduo seria possível descrever sua personalidade. Ainda segundo esses estudiosos, a teoria dispunha de aportes que possibilitaria dividir o cérebro em 35 funções (tais regiões continham, comportamentos emocionais e faculdades intelectuais), considerando o tamanho e formato do crânio, conforme mostra a figura 14 abaixo:

Figura 14: Divisão craniana em diferentes partes segundo Gall.



Fonte: Kandel, Shwartz e Jessell (2000, p. 7)

De acordo com Rodrigues e Ciasca, (2010, p. 120), “O maior desenvolvimento de um (ou mais) desses comportamentos resultaria em proeminências no cérebro que, por sua vez, possibilitaria identificar as diferenças individuais”. Muito embora, a comunidade científica não tenha comungado das mesmas ideias dos frenologistas, tal teoria causou grande impacto na sociedade da época.

Um dos críticos da frenologia, Marie Jean Pierre Flourens (1794-1867) lançou a teoria do campo agregado. Apoiados em Portes, (2015, p. 170) Flourens “defendia a ideia de que as diferentes regiões do córtex cerebral, responsáveis pela inteligência, percepção e desejo, participavam igualmente nas funções cerebrais”. Com efeito, nota-se que comportamentos específicos não são provenientes de regiões cerebrais únicas.

Considerando os diferentes estudos sobre os processos de evolução do encéfalo, destacados até aqui, ressalta-se também, o surgimento do campo “neurociência”, ainda no século XIX. A neurociência surge, a partir da descoberta dos neurônios na atividade cerebral, destacados nas contribuições de Santiago Ramon Y Cajal, com base na teoria neuronal. Somente no século posterior, pôde-se visualizar as partes constituintes dos neurônios, através das pesquisas de Camillo Goldi, por meio de modificações técnicas em microscópicos. Entretanto, Goldi acreditava que existia uma conectividade contínua entre os neurônios, contrariando as concepções de Santiago Ramón e Cajal. Para ele, a comunicação neuronal ocorria de forma descontínua (OLIVEIRA, 2014).

As discussões acerca da localização das funções mentais ou não, bem como a visão holística, adotada na metade do século XX, assumem um novo olhar diante das investigações de Alexander Ramanovich Luria (1903-1978). Suas pesquisas dão origem ao conceito de plasticidade cerebral (trata-se da interação do cérebro com o meio, ou seja, o desenvolvimento da pessoa, a evolução da espécie originaria as funções mentais superiores). Nessa perspectiva, destaca-se que tais funções são organizadas através da ação elementos que trabalham de modo coordenado (PORTES, 2015).

Diante de inúmeros estudos na área da neurociência, torna-se válido salientar o nascimento da neuroimagem, que proporcionou avanços para esta área, tais como: a quantificação do metabolismo e do fluxo cerebral com o auxílio da tomografia, a reprodução da imagem por ressonância magnética (IRM).

Essas técnicas auxiliam a reprodução exata do encéfalo e medula espinhal do indivíduo, favorecendo o esclarecimento de dados fisiológicos e patológicos, anteriormente indisponíveis. Entretanto, segundo Oliveira (2014), “O estágio atual dos exames de neuroimagem ainda é muito especulativo, e a relação entre as modificações

neuroquímicas e o comportamento humano nas esferas motoras, cognitivas ou psicoafetivas não estão definitivamente comprovadas” (OLIVEIRA, 2014, p. 22).

Atualmente, a visão do “conexionismo” é predominante entre os cientistas, desse modo, as funções primárias encontram-se intensamente localizadas já as de nível superior são resultados de interligações provenientes das áreas do cérebro. Com efeito, o complexo funcionamento cerebral incentivou os neurocientistas a dividir a vasta área da neurociência em unidades específicas de estudos, são elas: neurociência molecular, neurociência celular, neurociência de sistemas, Neurociência comportamental e a Neurociência Cognitiva (PORTES, 2015).

#### **1.4.2 – Aspectos epistemológicos da Neurociência Cognitiva e sua relação com a educação**

Os diversos aspectos da vida humana, sofrem influência de estudos apresentados pelas pesquisas no campo neurocientífico. As evidências empíricas promovem inúmeros resultados experimentais. Entretanto, destaca-se que, tais dados não integram conhecimentos convincentes, capazes de explicar como os processos cognitivos são executados pelo cérebro. Isso deve-se a dificuldade inerente de produção de uma única teoria acerca da função cognitiva do cérebro (PEREIRA JR., 2010).

A Neurociência, apesar de ser considerada uma ciência nova, apresenta importantes descobertas como: a plasticidade cerebral, as ligações neuronais e suas manutenções e a origem de novas células neurais, durante o ciclo da vida adulta, que podem modificar nossos olhares acerca das doenças neurológicas e a maneira como era organizada a estrutura cerebral (PORTES, 2015). Os avanços tecnológicos e as mais variadas técnicas de estudo do cérebro, como por exemplo, a ressonância magnética, permite-nos esclarecer inquietações científicas e aprimorar o “dispositivo” responsável por nossas ações, inclusive a vida. Desse modo, pode-se destacar que, o entendimento da atividade cerebral é fundamental para possíveis soluções, diante das indagações presentes no contexto científico.

Nessa perspectiva, as inquietações sobre o significado da vida, de que maneira o cérebro origina a mente e as contribuições de áreas interdisciplinares das ciências do cérebro, tais como: a ciência cognitiva, a psicologia e a filosofia, consistem no ponto de partida para o surgimento, do termo “Neurociência Cognitiva”<sup>27</sup>, proposto por Gazzaniga

---

<sup>27</sup> “A Neurociência Cognitiva é uma área interdisciplinar de pesquisa que combina a mensuração da atividade cerebral (principalmente por meio de neuroimagem) com a realização simultânea de tarefas cognitivas por seres humanos” (PEREIRA, 2007, p. 158).

(2006) no final da década de 1970, tendo como referência seus estudos sobre as funções complexas do cérebro, como a linguagem, cognição, memória e aprendizagem. Essa área da ciência, preocupa-se em tecer relações entre as ações do sistema nervoso central (SNC) e o sistema cognitivo (SC) (OLIVIER, 2006).

Considerando a relação da Neurociência Cognitiva com as ciências dedicadas aos estudos do cérebro e destacando seu caráter interdisciplinar, Kandel *et al.* (2003) conceituam essa área, como sendo:

Uma combinação de métodos de uma variedade de campos – biologia celular, neurociências de sistemas, neuroimagem, psicologia cognitiva, neurologia comportamental e ciência computacional – deram origem a uma abordagem funcional do encéfalo denominada Neurociência Cognitiva (KANDEL *et al.*, 2003, p. 382).

Partindo desse pressuposto, os estudos desenvolvidos pelas diferentes áreas científicas, destacadas anteriormente, acerca dos inúmeros aspectos do cérebro, são delimitados, segundo Pereira Jr. (2010), a partir de três dimensões, a saber:

a) 'vertical': referindo-se a níveis de organização estrutural, e respectivas funções – átomos, moléculas, células, tecidos, subsistemas, redes de ampla escala; b) 'horizontal': referindo-se a interações entre cérebro, corpo e ambiente de organismos; c) temporal: referindo-se a processos filogenéticos e ontogenéticos que determinam estrutura e função de cérebros de organismos individuais (PEREIRA, JR., 2010, p. 510).

Ainda segundo o autor, tais dimensões, juntamente com os níveis de análise referente ao estudo das funções cerebrais, aparentam ser inflexíveis, além de apresentarem dificuldades de integração. A partir dessas, cientistas como G. Edelman (1987; 1989), A. Damásio (1999) e R. Llinás (2002), abordam discussões sobre quais foram as contribuições (originais e pertinentes) elencadas aos paradigmas neurocientíficos. Além desses estudiosos, a literatura destaca também as contribuições de Luria (1980), Kandel (1991), Gazzaniga (2006) e Lent (2002, 2008) acerca do estudo do cérebro, mente e comportamento.

Na perspectiva de Luria (1980), considerando sua análise sobre o cérebro, salientando os três sistemas funcionais, denominados unidades. Pode-se inferir que o autor, destaca as primeiras menções sobre as funções cognitivas presentes no desenvolvimento da aprendizagem e do pensamento – memória, atenção e percepção. Para Kandel (1991) e Lent (2008), o contexto neurocientífico é visto como um campo do saber, ou seja, consiste na reunião de grupos de disciplinas voltadas ao estudo do Sistema Nervoso (SN) e suas relações a respeito das funções cerebrais. Outra concepção sobre essa temática, é apresentada por Gazzaniga (2006) e Sternberg

(2010). Para os autores, a Neurociência Cognitiva busca investigar as capacidades cerebrais mais complexas, tais como: linguagem, cognição, memória e aprendizagem.

Com efeito, apoiado nas concepções de Vygotsky (2006), que no início do século XX, classifica ações como: a atenção voluntária, pensamento abstrato e a memorização ativa, como processos psicológicos superiores, Bastos e Alves (2013) afirmam que as “funções mentais superiores são processos cognitivos que envolvem atenção, memória, gnosias ou percepções, pensamentos, consciência, comportamento emocional, aprendizagem e linguagem” (BASTOS; ALVES, 2013, p. 43).

Portanto, considerando as ideias ilustradas pela literatura sobre a estrutura cerebral e suas respectivas funções mentais, pode-se inferir que, tais concepções convergem para a estruturação das funções mentais, provenientes do encéfalo, principalmente a atenção, memória e o pensamentos. Além disso, nota-se também que as perspectivas interacionistas corroboram para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo.

### **1.4.3 - A neurociência e sua relação com o ensino de química**

Em uma perspectiva epistemológica, o desenvolvimento humano é demarcado por contribuições de diversos estudiosos, tais como: Piaget (1967/1973) (seus estudos buscavam entender como ocorre a formação do conhecimento, destacando características de assimilação, acomodação e equilíbrio do conhecimento, além de propor fases do desenvolvimento cognitivo), Vygotsky (centrado na sócio-gênese do conhecimento, defendia que a ação humana constrói a si mesmo e ao mundo), Alexandre Luria (apresentou os primeiros registros acerca do processo de desenvolvimento cognitivo, destacando as funções cognitivas, a saber: a memória, a atenção e a percepção), Humberto Maturana e Francisco Varela (desenvolveram a teoria sobre a vida, afirmando que os seres vivos são sistemas autopoieticos moleculares), Lent, Damásio, Gazzaniga e Cosenza e Guerra (Dedicaram-se a um contexto técnico, voltado diretamente para perspectiva neurocientífica, destacando estudos sobre a constituição e o funcionamento do cérebro, a relação entre neurociência e educação, com ênfase nos processos de aprendizagem).

Nesse viés, a proposta de Piaget (1967/1973) em esclarecer os processos cognitivos, baseando-se nas estruturas biológicas e nas suas relações de regulações, aproxima-se das preocupações de diversos pesquisadores (Luria, 1979; Lent, 2001; Gazzaniga, 2006) que, em meados do século XIX, passaram a investigar a relação existente entre o encéfalo e os processos mentais.

Desse modo, ressalta-se que a ocorrência das funções cognitivas somente é possível devido as estruturas biológicas do sistema nervoso. Para tanto Soares *et al.* (2012):

[...] a maioria dos pesquisadores valoriza tanto o papel do controle biológico imposto pelo genótipo e o papel do ambiente na expressão gênica, bem como eventos bioquímicos relacionados ao desenvolvimento das funções cognitivas. Em síntese, o desenvolvimento neurocognitivo depende de uma relação dinâmica e variável entre fatores genéticos e ambientais. (SOARES *et al.*, 2012, p.51).

Tendo em vista que a neurociência abrange características inerentes aos mecanismos biológicos com ênfase para o aprendizado, podemos tecer relações com as concepções apresentadas por Vygotsky, no que se refere ao desenvolvimento da aprendizagem do indivíduo ainda na primeira infância. Acerca dos mecanismos biológicos, destaca-se ainda, as contribuições de Alexander Romanovich Luria (1902-1977) que em seus estudos, buscou analisar as bases neurobiológicas da aprendizagem. Considerando aspectos como, localização e modificações estruturais e funcionais dos neurônios, bem como suas conexões.

Desse modo, as bases neurobiológicas da aprendizagem, favorecem o desenvolvimento do conceito de auto-organização, proposto por Humberto Maturana e Francisco Varela (1995), ao desenvolverem pesquisas com o intuito de entender como ocorre o processo de sustentação da vida, especificamente nos organismos vivos. Construindo a noção de *autopoíese* (os seres vivos sofrem mudanças estruturais e buscam a preservação da vida, a medida que vivem espontaneamente). Para tanto, tais concepções se aproximam das ideias propostas por Cosenza e Guerra (2011), visto que para os autores, o entendimento das estruturas e funcionamento do cérebro, são fundamentais para o desenvolvimento comportamental do indivíduo.

Ainda segundo os autores, em um contexto educacional, o conhecimento acerca da neurociência, pode auxiliar o educador na resolução de problemáticas, presentes no dia a dia, que na maioria das vezes, permanecem sem respostas, além de contribuir com a melhoria da prática pedagógica, proporcionando avanços na educação.

Nessa óptica, a melhoria da prática docente pode ocorrer a partir de estratégias para auxiliar o processo de ensino aprendizagem. Nesse sentido, busca-se autores que discutem sobre as possibilidades que a neurociência proporciona e suas relações para com o ensino de ciências, especificamente, o ensino de química, a fim de promover uma constante melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

Nessa perspectiva, ao analisarmos, a literatura relacionada ao ensino de química, percebe-se que ainda são escassos os estudos que versem sobre o uso da

Neurociência com ênfase na disciplina supracitada. Por isso, destaca-se a necessidade de estudos nesse campo. Visto que a neurociência tem se apresentado enquanto forte aliada no processo de ensino aprendizagem.

De acordo com Oliveira (2014), “aprender não é absorção de conteúdos e exige uma rede complexa de operações neurofisiológicas e neuropsicológicas” (OLIVEIRA, 2014, p. 18). Dessa maneira, pode-se destacar a importância em relacionar os constructos da Neurociência com o ensino de química.

Com efeito, no que concerne ao processo de ensino e aprendizagem de química, Chassot (2000), salienta que ensinar “é procurar que nossos alunos e alunas se transformem, como o ensino que fazemos, em homens e mulheres mais críticos” (CHASSOT, 2000, p. 24). Nesse sentido, as aulas de químicas devem ser pensadas em uma aprendizagem capaz de gerar conhecimento nos discentes, e sobretudo promover maneiras eficazes para o ensino, estimulando e explorando os potenciais de aprendizagem destes. Para tanto, a utilização da neurociência pode favorecer este processo. Sobre essa temática Bedin (2016), destaca que

“Trabalhar mais o hemisfério direito do cérebro, através de atividades lúdicas, animadas, experimentais e interessantes, devidamente adaptadas ao objetivo do conteúdo a ser ensinado, é uma solução simples e descomplicada para favorecer e, quiçá, ser realizada durante a aplicação dos conceitos em sala de aula, a fim de cogitar a aproximação do estudante à química” (BEDIN, 2016, p. 4).

Partindo desse entendimento, para o desenvolvimento dessas atividades torna-se necessário aproximar o campo da Neurociência com a área da Química, visto que o docente deverá conhecer como o estudante aprende.

Outra concepção acerca da relação entre a neurociência e o ensino de química é discutida por Rezende (2008). Para a autora, o docente que se apropriar do conhecimento neurocientífico, estará contribuindo com o processo de ensino-aprendizagem de maneira dinâmica e enriquecedora, “pois, ao compreender o processo cerebral, induzirá um desenvolvimento de trabalho com seus estudantes, aumentando a eficiência da aprendizagem escolar, rendimento dos mesmos, estimulando a interação entre as funções cerebrais e o dia a dia do ser humano” (REZENDE, 2008, p.81).

Portanto, nota-se que o diálogo entre a neurociência e a Química pode contribuir para o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos. Nesse sentido, entende-se que o docente possui o papel fundamental neste processo, despertar a curiosidade dos estudantes. Entretanto, cabe salientar que a Neurociência “pode ajudar o professor e indicar algumas direções, mas não existe resolução imediata para os problemas, como uma espécie de mágica ou de milagre” (NASCIMENTO, 2015, p. 94).

### 1.4.3.1 - O processo de aprendizagem numa perspectiva neurocientífica

O processo de evolução da humanidade, vem aguçando os olhares das investigações científicas, principalmente no que se refere aos aspectos cognitivos. Isso deve-se ao desenvolvimento do Sistema Nervoso Central (SNC) (onde o cérebro é o seu órgão principal), através das interações vivenciadas pelos indivíduos em seu cotidiano. Esse contato permite a identificação de suas características, como por exemplo: elaborar respostas adaptativas. (DAMÁSIO, 2011).

As interações do sistema nervoso decorrem do cérebro, órgão responsável pelo recebimento e processamento das informações. Além disso, pode-se destacar também a origem das respostas voluntárias e involuntárias, imprescindíveis para o processo interacional. Nessa perspectiva, a formação estrutural e o entendimento do seu funcionamento, são pontos relevantes a serem investigados, afim de apresentar respostas a diversos questionamentos sobre a capacidade cognitiva humana (SILVA *et al.* 2011).

Sobre o processo de interação dos indivíduos com o meio e a atividade cognitiva humana, Santos e Souza (2010) destacam que:

A cognição humana decorre da capacidade desenvolvida por homens e mulheres para criação ou composição de representações mentais e processos imaginativos, partindo da memória de sensações, sentimentos e ideias. Essas criações ou composições são provocadas por perturbações internas que, em parte, decorrem diretamente dos estímulos recebidos do ambiente no qual os seres humanos são inseridos (SANTOS; SOUZA, 2010, p. 260).

Nessa visada, através do processamento das informações recebidas, percebe-se o que de fato ocorre ao nosso redor de forma satisfatória, para a garantia da nossa sobrevivência. Além disso, o tratamento dessas informações corrobora também para o processo de tomada de decisões e resoluções de problemas, obedecendo diversos fatores, como por exemplo: sensação e percepção, que são fundamentais para determinação da melhor escolha para solucionar os problemas (SILVA *et al.*, 2011).

Com efeito, considerando aspectos estruturais do cérebro, principal órgão do corpo humano, destaca-se que sua composição é constituída por diferentes circuitos nervosos, formados por pequenas células, denominadas neurônios, bem como, as células da glia. (COSENZA; GUERRA, 2011). A priori, a concepção de não regeneração dessas células era mantida, a desmistificação dessa ideia provem do conceito de neuroplasticidade, juntamente com a capacidade de reposição dos neurônios (SILVA, SANTANA FILHA; FONSECA, 2017).

O córtex cerebral, região enrugada repleta de giros e sulcos, apresenta as funções psíquicas e neurais mais complexas. Destaca-se ainda que, este órgão é considerado a parcela mais importante do telencéfalo e é formado por uma densa camada de neurônios, revestindo toda a região periférica do telencéfalo, organizando-se em dois hemisférios: o esquerdo (verbal) e o direito (não verbal). Tais hemisférios são constituídos por cinco grandes regiões, denominados de lobos: frontal, parietal, occipital, temporal e insular (LENT, 2002, 2008, 2010).

Sobre o conceito dos neurônios, Moreira (2017), destaca que:

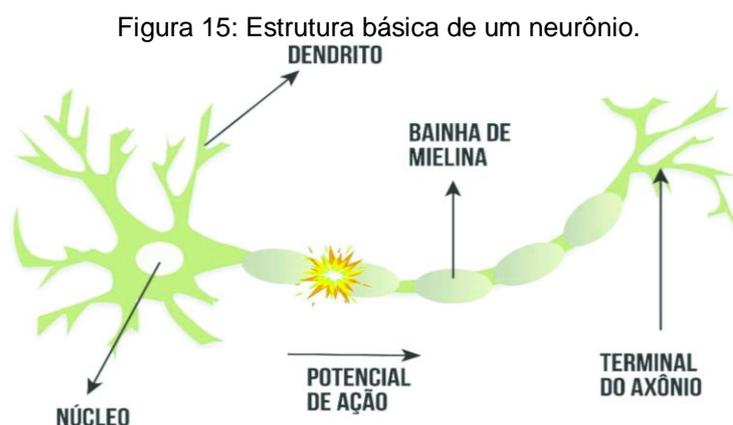
São unidades morfo-funcionais do sistema nervoso, que recebem informações (sinais elétricos) de outros neurônios e de neuro-receptores especializados, integrando estas informações em suas “áreas operacionais” e encaminhando-as, ao final do processo, na forma de “uma mensagem”, em direção a outros neurônios ou para “estruturas efetoras” (MOREIRA, 2017, p. 1).

As células nervosas, conseguem estabelecer comunicações com outras células de maneira rápida. Isso deve-se ao alto nível morfológico e funcional, bem como as suas características eletroquímicas, lhes conferindo a capacidade de gerar corrente elétrica por meio de uma membrana (KANDEL *et al.*, 2014). Levando em consideração o número de neurônios, a forma de ramificação dos dendritos e o comprimento, os neurônios podem ser classificados, segundo Moreira (2017), como: unipolares (são conhecidos como pseudo-unipolares, seu corpo celular possui apenas um neurítio, que se dividirá em dois ramos), bipolares (possui um corpo celular com forma elíptica, nesse neurônio nota-se a presença de dois axônios) e multipolares (são considerados neurônios padrões do SN, possuindo uma maior contingência, quando comparado com os demais). Desse modo, pode-se destacar a complexidade estrutural do SNC.

Outra concepção acerca dos tipos de neurônios, numa perspectiva morfológica é salientada por Bear, Connors e Paradiso (2017), para eles, no córtex cerebral existem dois tipos de neurônios, classificando-os como principais, são eles: células estreladas (sem espinhos dendríticos) e as piramidais (com espinhos). Ainda segundo os autores, a célula estrelada atende a sinais de uma corrente despolarizada, disparando, de maneira constante, durante o estímulo, potenciais de ação. Em contrapartida, as células piramidais não possuem esse autocontrole, quanto a taxa de disparos constantes, promovendo-os, de forma rápida, apenas no início do estímulo, mesmo que este, continue com um grau elevado.

Os neurônios são compostos pelas seguintes estruturas básicas (Figura 15): corpo celular (SOMA ou pericário), dendritos, responsáveis pela captura e envio de

informações para o corpo celular, e axônios (prolongamento único, que envia os impulsos nervosos para outras células) (BRANDÃO, 2004). As células nervosas disparam impulsos que transmitem as informações para outras células por meio dos axônios, a passagem dessas informações ocorre em locais específicos chamados de sinapses (Figura 17), estrutura responsável por conectar os terminais do axônio (enviam a informação) aos dendritos (recebem a informação). Esse processo de comunicação entre as células acontece pela liberação de uma substância química denominada de neurotransmissor (COSENZA; GUERRA, 2011).



Fonte: O autor (2021)

Com relação ao processamento da informação, ou seja, a comunicação entre as células nervosas, Tabacow, (2006), destaca que:

A informação é transmitida como impulso elétrico até o terminal do axônio, no qual essa informação elétrica é transformada em informação química pelos chamados neurotransmissores que, atravessando a fenda sináptica, encontram-se com receptores no dendrito do outro neurônio, encaixando-se como chave e fechadura. Esses receptores, no outro neurônio, encarregam-se de que a mensagem seja recebida e passada a outros neurônios (TABACOW, 2006, p.80)

Os neurotransmissores podem apresentar efeitos distintos, a saber: excitatórios ou inibitórios. Nos excitatórios a transmissão das informações ocorre de forma contínua, através das sinapses excitatórias. Isso acontece, devido ao potencial pós-sináptico despolarizante, responsável por aproximar, o nível limiar da zona de disparo ao potencial de repouso, originando, o potencial de ação e propagando-o ao longo do axônio. Já nos inibitórios, as sinapses, acontecem de maneira oposta as excitatórias. Neste processo, o potencial pós-sináptico encontra-se hiperpolarizado, afastando o neurônio do potencial de repouso, do limiar da zona de disparo, dificultando a produção do potencial de ação (LENT, 2010).

Após a descoberta do processo de transmissão sináptica química, diversos neurotransmissores ou neuromediadores, como também podem ser chamados (Lent, 2002), surgem a partir dos estudos desenvolvidos sobre o SNC. Atualmente, acredita-se que os principais neurotransmissores se encontram localizados em três grupos químicos: os aminoácidos, as aminas e os peptídeos (Figura 16). Os dois primeiros, são moléculas orgânicas pequenas, que apresentam em sua constituição ao menos um átomo de nitrogênio. Já o último grupo é constituído por moléculas grandes, especificamente, um conjunto de aminoácidos que são armazenados e liberados pelos grânulos secretores (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

Figura 16: Principais neurotransmissores distribuídos de acordo com as categorias químicas elencadas.

Aminoácidos	Aminas	Peptídeos
Ácido $\gamma$ -aminobutírico (GABA)	Acetilcolina (ACh)	Colecistocinina (CCK)
Glutamato (Glu)	Dopamina (DA)	Dinorfina
Glicina (Gli)	Adrenalina	Encefalinas (Enk)
	Histamina	<i>N</i> -acetil-aspartil-glutamato (NAAG)
	Noradrenalina (NA)	Neuropeptídeo Y
	Serotonina (5-HT)	Somatostatina
		Substância P
		Hormônio liberador de tireotrofina (TRH)
		Polipeptídeo intestinal vasoativo (VIP)

Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 121)

Conforme destacado, em uma mensagem química, a conversão dos impulsos nervosos, eletricamente carregados é muito importante para o processo de transmissão sináptica. Nesse sentido, os estímulos/impulsos nervosos, captados do ambiente, irão percorrer um longo caminho nos neurônios sensitivos. Tais estímulos, são produzidos a partir da transdução de sinais mecânicos, luminosos, químicos, entre outros, acarretando a sucessão de corrente elétrica, desencadeada através da diferença de potencial (DDP) proveniente em substâncias carregadas eletricamente tanto dentro quanto fora da membrana presente no neurônio.

Afim de facilitar o entendimento acerca da natureza elétrica dos neurônios, torna-se necessário fazermos o uso de algumas definições relacionadas ao contexto da eletroquímica, a saber: difusão (processo de locomoção de uma substância de um meio concentrado para um menos concentrado), pressão eletrostática (consiste em uma força exercida através dos processos de atração ou repulsão das cargas eletricamente carregadas) e íons (representação atômica, destacando quando um átomo ganha, os

cátions ou perde elétrons, os ânions, em uma ligação química). Com efeito, a movimentação desses íons de maneira ordenada, corrobora para a produção de corrente elétrica. Desse modo, o controle potencial da membrana, conta com a participação desses íons, presentes em diferentes quantidades nos fluidos intra e extracelular. Dentre esses pode-se destacar, sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e cloro ( $\text{Cl}^-$ ).

O fluido extracelular concentra uma grande quantidade de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , enquanto o intracelular apresenta grande quantidade de íons  $\text{K}^+$ , a movimentação iônica de um meio para outro, produz os impulsos elétricos. A circulação desses íons é ocasionada a partir dos processos de difusão e pressão eletrostática. De modo prático, o íon  $\text{K}^+$ , localizado no ambiente interno do axônio, é forçado, a sair para o meio extracelular através do processo de difusão, entretanto a concentração elevada, no fluido extracelular, do íon  $\text{Na}^+$  impede a saída de mais íons  $\text{K}^+$ , devido à pressão eletrostática na membrana, diminuindo o fluxo desses íons, ocasionando equilíbrio no sistema. Além disso, as cargas elétricas são repelidas uma vez que apresentam cargas iguais. Como os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  não ingressam no interior da membrana, ocorre uma aglomeração dos íons  $\text{Na}^+$  (cátions), na região externa da membrana, provocando a diferença de potencial (DDP), gerando o gradiente elétrico (LENT, 2010).

O processo de permeabilização (entrada e saída) da membrana, ocorre devido aos canais iônicos, responsáveis pela regulação transitória dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . A entrada dos íons  $\text{Na}^+$  no meio intracelular é forçada através da pressão eletrostática. Esses íons são atraídos pelos ânions orgânicos. Entretanto, as enzimas presentes na membrana, especificamente, as denominadas de bomba de sódio e potássio, regula o nível de sódio, no interior da membrana, bombeando três desses íons para fora e dois íons de  $\text{K}^+$  para dentro dela.

Nessa perspectiva, torna-se válido salientar a existência de duas classes de canais de repouso (iônicos), são eles: os de vazamento (encontram-se sempre abertos) e os canais com portão (abrem sempre que ativados, realizando posteriormente seu fechamento). O processo de controle do potencial da membrana (entrada e saída de íons) é denominado de potencial de repouso.

Com efeito, o potencial de repouso sofre alteração à medida que recebe estímulos externos, provoca uma mudança no trânsito de íons no interior da membrana, promovendo a entrada dos íons  $\text{Na}^+$  e a saída  $\text{K}^+$ . Desse modo, Kandell *et al.* (2014), afirmam que:

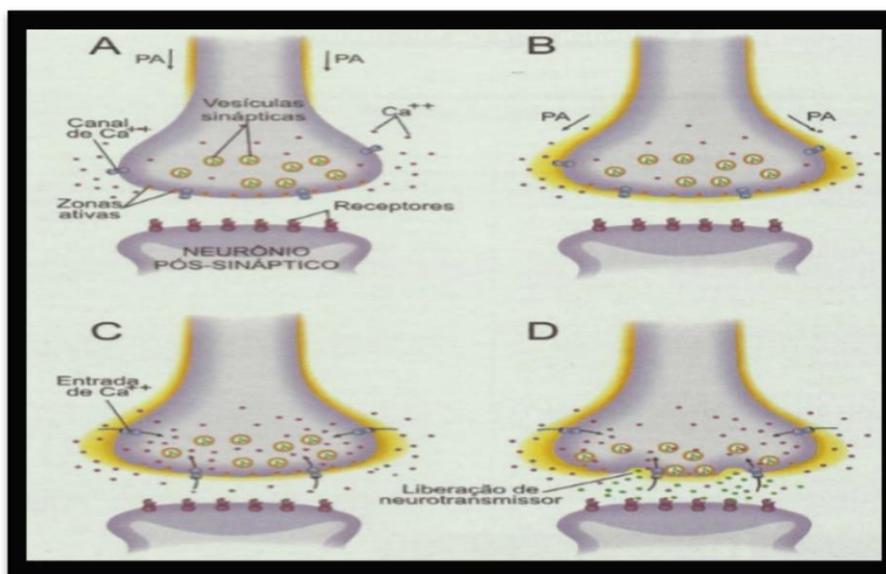
Mudanças no potencial de membrana que não levam a abertura dos canais iônicos dependentes de voltagem são respostas passivas da membrana e são chamadas de *potenciais eletrotônicos*. Respostas

hiperpolarizantes e pequenas despolarizações são quase sempre passivas. Entretanto, quando a despolarização atinge o nível crítico, ou limiar a célula responde ativamente abrindo canais iônicos dependentes de voltagem, gerando um *potencial de ação* na forma de tudo-ou-nada (KANDELL *et al.* 2014, p. 113).

Nesse sentido, a transmissão de um impulso ou potencial de ação, depende do nível mínimo (limiar neural) de estímulo do neurônio. De acordo com as concepções de Brandão (2004), esse potencial é originado a partir da perturbação de cargas provocada pela circulação do gradiente elétrico através da membrana. Ainda segundo o autor “O meio intracelular, que é negativo no estado de repouso, torna-se transitoriamente positivo em consequência do grande influxo de íons  $\text{Na}^+$  resultante da abertura seletiva de canais de  $\text{Na}^+$  na membrana celular” (BRANDÃO, 2004, p. 32). Portanto, pode-se destacar que a criação dos potenciais de ação, possibilita a comunicação entre os neurônios.

Nesse contexto, à medida que os potenciais de ação são disparados, as vesículas, presentes nos terminais do axônio, são encarregadas pela liberação dos neurotransmissores. Para tanto, a locomoção da mensagem ocorre na fenda sináptica (rede neural responsável pela transmissão dos estímulos de um neurônio para outro, considerando a ação dos neuromediadores). A transferência desses dados é feita da região pré-sináptica para a pós-sináptica do neurônio posterior, desencadeando um “efeito cascata” de propagação dos impulsos nervosos com as respectivas informações. Conforme descrito no esquema abaixo (Figura 17).

Figura 17: Transferência de estímulos da fenda pré-sináptica para a pós-sináptica (potencial de ação).



Fonte: Lent, 2010, p. 125

Com efeito, os processos de comunicação entre os neurônios, destacados nesta seção, possibilita-nos entender, de maneira inicial, a complexidade da natureza

humana, abrangendo diferentes dimensões de sua identidade, como por exemplo: as formas de pensamentos, os sentimentos, inclusive a aprendizagem.

#### **1.4.3.2 O cérebro e a tradução das informações: a conexão entre os órgãos sensoriais e a aprendizagem**

As experiências provenientes do nosso cotidiano, como por exemplo: saborear um alimento, sentir o aroma das flores, a delicadeza de um toque, ouvir o canto dos pássaros, conhecer novos ambientes, entre outros, permitem-nos a exploração do mundo em que vivemos. Essas situações cotidianas, estão diretamente relacionadas aos princípios neurocognitivos, presentes no processo de informação do sistema nervoso, especificamente, o sistema sensorial. Segundo Carter (2012) as informações detectadas pelo sistema sensorial, passam por um processo de conversão (sinais elétricos), que posteriormente serão propagadas para regiões específicas do cérebro, responsáveis pela decodificação dos sinais e a transformação destes em sensações.

A respeito da sensação, Lent, (2010) apresenta a seguinte definição:

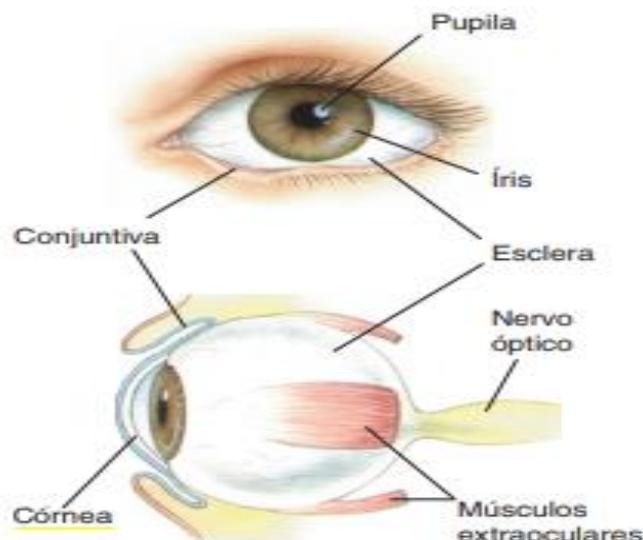
É a capacidade que os animais apresentam de codificar certos aspectos da energia física e química que os circunda, representando-os como impulsos nervosos capazes de ser "compreendidos" pelos neurônios. A sensação permite a existência dos sentidos, ou seja, as diferentes modalidades sensoriais que advêm da tradução pelo sistema nervoso das diversas formas de energia existentes no ambiente (LENT, 2010, p. 185).

Nessa perspectiva, ainda segundo o autor, os “sistemas sensoriais, então, representam os conjuntos de regiões do sistema nervoso, conectadas entre si, cuja função é possibilitar as sensações” (LENT, 2010, p. 185). Desse modo, pode-se destacar diversas características sensitivas, vivenciadas pela espécie humana, a saber, o tato, a audição, o olfato, a visão entre outros. Com base nessa temática, Damásio, (2011), afirma que “se uma cena tiver algum valor, se o momento encerrar emoção suficiente, o cérebro fará registros multimídia de visões, sons, sensações táteis, odores e percepções afins e os rerepresentará no momento certo” (DAMÁSIO, 2011, p. 108). Nesse sentido, a capacidade de administrar o complexo mundo ao nosso redor perpassa pela faculdade de aprender e evocar.

Considerando a característica sensorial, no contexto escolar, especificamente o estudo de temas científicos, pode-se salientar que, dentre os sentidos citados anteriormente, o sistema sensorial da visão é o mais requisitado para detectar os estímulos externos, como imagens, textos, entre outros. O sistema visual tem início com o olho, dentro deste órgão encontra-se a retina, que se encarrega de converter a energia luminosa em impulsos nervosos (processo de transdução), através dos fotorreceptores.

As informações captadas (luz) atravessam a córnea e ingressam no olho por meio da pupila (região responsável por controlar a entrada da luminosidade no órgão, contraindo-se, quando exposto a altos índices luminosos e expandindo-se quando a intensidade da iluminação diminui), em seguida, o cristalino desviam os estímulos convergindo-os em direção a retina (CARTER, 2012). Nesse sentido, a figura 18 representa de forma prática a estrutura anatômica do olho:

Figura 18: Estrutura anatômica do olho.



Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 297)

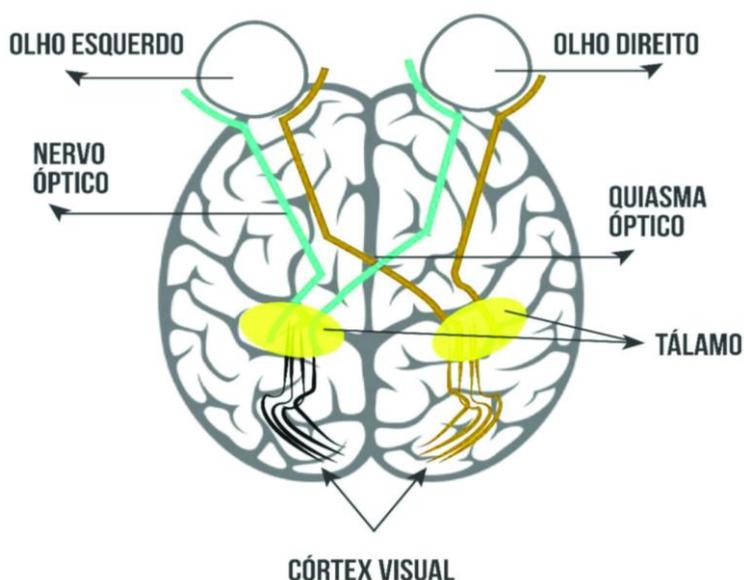
Com base no processo de transdução e codificação das informações em forma de luz, Lent, (2010) estabelece um comparativo entre algumas características do olho e uma máquina fotográfica, afirmando que “o olho é uma câmera superautomática, que se direciona “sozinha” ao objeto de interesse, focaliza-o automaticamente e transmite ao cérebro instantaneamente uma representação codificada da imagem” (LENT, 2010, p. 301). Muito embora, existam pontos convergentes no funcionamento do olho e de uma câmera fotográfica, Kandel, (2014), destaca como “incorreta” a comparação entre a visão e esse dispositivo, visto que, a câmera consiste em reproduzir os raios luminosos de um ângulo a outro, em um plano. Já o encéfalo realiza a análise das imagens em diferentes perspectivas, distinguindo cada uma delas, para posteriormente classificar os estímulos luminosos, pertencentes a um plano ou outro.

Apoiados nas concepções de Kandel (2014), infere-se que diferentes áreas do cérebro, são responsáveis pela decodificação das informações transmitidas através dos estímulos luminosos. Desse modo, Bear, Connors e Paradiso, (2017, p. 295), afirmam que “os axônios dos neurônios retiniais reúnem-se em feixes, constituindo os nervos ópticos, encarregados de distribuir a informação visual (na forma de potenciais de ação)

a diversas estruturas encefálicas que realizam diferentes funções”. Ainda segundo os autores, a retina presente no globo ocular é considerada uma parcela do encéfalo.

A retina é constituída por sete camadas paralelas, a saber, a fotorreceptora (a mais externa e responsável pelo processo de transdução), a nuclear externa (localidade dos corpos celulares dos fotorreceptores), plexiforme externa (armazenam os axônios dos fotorreceptores), a nuclear interna (localidade dos corpos celulares dos neurônios secundários), plexiforme interna (concentra as sinapses), células ganglionares (concentra os corpos celulares de terceira ordem, do sistema visual) e as fibras ópticas (responsáveis pelo tráfego dos axônios da células ganglionares). A conexão desta última camada com o cérebro é destacada por Lent, (2010), “Nessa região as fibras "perfuram" a retina e emergem do olho compactadas no nervo óptico, que penetra no crânio, estabelecendo a ligação da retina com o encéfalo” (LENT, 2010, p. 2013). A Figura 19, ilustra o canal óptico, realizado pelos sinais elétricos após a passagem do estímulo luminoso pelo cristalino.

Figura 19: Síntese do canal óptico.



Fonte: O autor (2021)

De acordo com a simplificação do canal óptico, destacado anteriormente, Carter, (2012) afirmam que “a informação proveniente dos olhos tem de percorrer toda a profundidade do cérebro antes de começar a ser processada e convertida em visão” (CARTER, 2012, p. 80). Nesse sentido, os estímulos luminosos sofrem inúmeras modificações antes do processo de conversão em percepções, sensações ou até mesmo a consciência visual (SCHIFFMAN, 2005).

A priori, as informações luminosas são criptografadas, através do processo de transdução do estímulo físico, em impulsos nervosos. Na sequência, os códigos neurais transitam até o córtex visual, transformando-se em movimento, percepções de cor, forma, sensações. Posteriormente, as funções cognitivas como emoções, memórias, entre outras, são requeridas pela percepção, para reproduzir as sensações em forma de consciência visual, promovendo a realização de atividade nas conexões neurais, que modificam suas características funcionais e estruturais relacionadas ao processo de aprendizagem.

Com efeito, o armazenamento de informações, as imagens constituídas pelo cérebro, do meio externo para o interno, conhecidas segundo Damásio, (2011), como “padrões de mapeamento”, encontram-se diretamente relacionados ao padrão sensorial, inclusive com a aprendizagem e a formação de memórias. Para tanto, Cosenza e Guerra (2011), salientam que a estruturação das memórias está relacionada com as alterações nas conexões neurais, quando as condições químicas favorecem a existência da neuroplasticidade.

A neuroplasticidade ou plasticidade neural, como também pode ser denominada, é definida por Ferrari *et al.* (2001), como:

Uma mudança adaptativa na estrutura e nas funções do sistema nervoso, que ocorre em qualquer estágio da ontogenia, como função de interações com o ambiente interno ou externo ou, ainda, como resultado de injúrias, de traumatismos ou de lesões que afetam o ambiente neural (FERRARI *et al.*, 2001, p. 188).

Desse modo, pode-se inferir, que uma grande plasticidade neural, existente entre as células neuronais é a base para a aprendizagem. Esse processo, ocorrerá a partir da formação e consolidação de conexões entre as cavidades neuróticas, que estarão em constantes modificações químicas e estruturais. Nesse sentido, a neuroplasticidade caracteriza-se de forma individual e privativa, uma vez que, os sistemas nervosos diferem tanto no tamanho, quanto nos tipos de conexões dos indivíduos (COSENZA; GUERRA, 2011). A fim de entender as mudanças do encéfalo, durante o processo de aprendizagem, Brandão (2014), destaca a plasticidade cerebral como sendo, modificações estruturais e funcionais, responsáveis por alterar a liberação dos impulsos nervosos interferindo diretamente no comportamento.

Nessa perspectiva, considerando as contribuições das neurociências Cosenza e Guerra (2011), concluem que:

A aprendizagem é consequência de uma facilitação da passagem da informação 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 (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 38).

Dessa maneira, as informações, captadas do meio externo pelo sistema sensorial, dependem de recursos bioquímicos (neuroquímicos e elétricos) para transportá-las com mais eficiência, ou seja, com mais qualidade, velocidade e duração.

Para tanto, no contexto educacional, o entendimento desses conhecimentos, possibilita o aprimoramento de novas técnicas e recursos metodológicos para o ensino, visto que, o docente poderá recorrer a pesquisas acerca do cérebro, que destacam como os estudantes recebem, processam, organizam e usam as informações. Além disso, o professor terá subsídios teóricos para elaborar suas aulas, tendo em vista, oferecimento de uma maior quantidade de estímulos aos discentes, requisitando sua atenção por um período de tempo maior no decorrer do processo de ensino.

### **1.5 - A atenção no cérebro humano**

Diariamente, recorremos as funções cognitivas, a saber, a linguagem, percepção, memória, inclusive a atenção, para interagirmos, com as diversas situações do cotidiano. Entretanto, atividades como: dirigir um automóvel, realizar a leitura e interpretação de textos e imagens, atravessar um cruzamento, requisitam, de maneira específica, o foco da atenção para exposição de respostas adequadas aos estímulos recebidos. Nesse sentido, o processo atencional também se encontra inserido em nosso contexto diário.

A atenção, enquanto função cognitiva, possibilita a interação efetiva do indivíduo com o meio. Para a sua ocorrência é necessário um nível apropriado de vigília. Segundo Cosenza e Guerra (2011), seu funcionamento é comparado a uma lanterna na janela. Visto que, apesar de receber diversos estímulos, esta, selecionará somente os essenciais, que servirão de base para o comportamento (LIMA, 2005). Essa função, perpassa por diferentes áreas da ciência, tais como: biologia, psicologia (psicologia cognitiva), Neurociência Cognitiva, fisiologia, entre outras. Destacando-se como campo importante para o entendimento da percepção e de outras funções cognitivas.

Muito embora, recorramos a atenção de forma constante em nosso cotidiano, apresentar uma definição sobre essa função não é algo tão simples quanto parece, considerando a complexidade de sua evolução na região cerebral. Desse modo, alguns cientistas propuseram diferentes conceitos sobre essa atividade cognitiva, a saber Alexandre Lúria (1979), Lima (2005) e Cosenza e Guerra (2011).

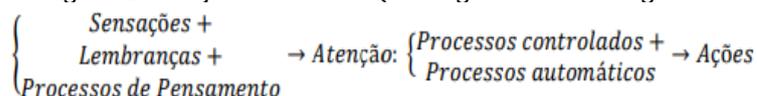
Para Lima (2005), a atenção “é uma função crucial que permite a interação eficaz do indivíduo com o seu ambiente, além de subsidiar a organização dos processos mentais” (p. 113). Tais concepções, conectam-se com os estudos de Cosenza e Guerra (2011), que enfatizam, o importante papel da interação dos indivíduos com o meio, para seu próprio desenvolvimento cognitivo. Desse modo, pode-se ressaltar que a ausência do processo interativo interfere negativamente a evolução das funções cognitivas dos sujeitos.

Já Luria (1979), destaca que a atenção consiste em direcionar a consciência a um determinado objeto específico, em detrimento de outros. Nesse sentido, nota-se que não há possibilidade de dispormos da atenção para uma quantidade infinita de informações. Sendo esta, uma função limitada. Com efeito, a respeito dessa concepção, Sternberg (2010), destaca a característica da seletividade. Ilustrando de modo prático a situação a seguir:

Por exemplo, o indivíduo sempre tem disponível em sua memória o lugar onde dormia quando tinha 10 anos, mas talvez não consiga processar essa informação ativamente com muita frequência. Da mesma forma, sempre terá disponível uma infinidade de informações sensoriais (por exemplo: no próprio corpo e em sua visão periférica neste exato momento). Mas dá atenção a apenas uma quantidade limitada de informação sensorial disponível em determinado instante (STERNBERG, 2010, p. 107).

A seletividade ou processo de focalização pode favorecer o sujeito, na elaboração de respostas rápidas ao estímulo recebido, considerando o descarte das demais informações que não são do seu interesse. A atenção pode ser desmembrada em dois processos, são eles: conscientes e inconscientes (STERNBERG, 2010). A maioria dos processos cerebrais acontecem de maneira inconsciente. Isso deve-se, as informações que o cérebro recebe do meio interno do corpo (COSENZA; GUERRA, 2011). Segundo Sternberg (2010), a atenção consciente, atende aos seguintes objetivos: 1 – auxilia no monitoramento das interações do sujeito com o seu cotidiano; 2 – estabelece conexões entre as lembranças e sensações, promovendo um sentido contínuo; 3 – assiste o controle de futuras ações. A Figura 20, destaca os objetivos proposto por Sternberg (2010).

Figura 20: Objetivos da atenção segundo Sternberg



Fonte: Sternberg (2010, p. 108)

Os processos automáticos e controlados convergem com os sistemas pré-conscientes e conscientes. Caracterizando-se pela necessidade de um esforço

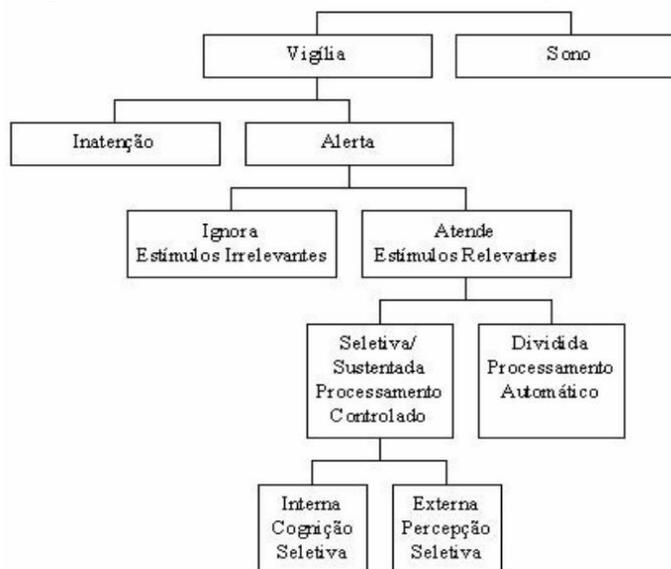
cognitivo ou não. Desse modo, pode-se observar que os processos automáticos, apresentam pouca exigência de controle consciente, na maioria das vezes ocorrem fora da consciência. Além disso, a ausência de esforço cognitivo permite o acontecimento de processos paralelos, sem uma sequência específica. Em contrapartida, os controlados, demandam esforço cognitivo, ou seja, necessitam de controle consciente, devido a essa característica, esses sistemas acontecem de maneira sequenciada, demandando um tempo maior para sua realização, quando comparado aos automáticos.

Com efeito, pode-se destacar que um processo controlado pode se transformar em automático, à medida que os esforços cognitivos não são mais requeridos. Para tanto, Silva (2019), afirma que:

Muitas Tarefas começam como processos controlados e passam a não demandar nenhum esforço cognitivo, tornando-se automáticas. Isso pode ser comungado com o desequilíbrio de Piaget, na questão da aquisição de um conhecimento demandar uma análise profunda das técnicas disponíveis e com o passar do tempo, se tornar algo automático (SILVA, 2019, p. 102)

A transmutação do processo consciente para o inconsciente é denominada de automatização. Considerando as discussões acerca do processamento automático e controlado, Lima (2005), esquematiza o caminho percorrido pela atenção com base nos mecanismos atencionais (Figura 21).

Figura 21: Mecanismos atencionais da atenção

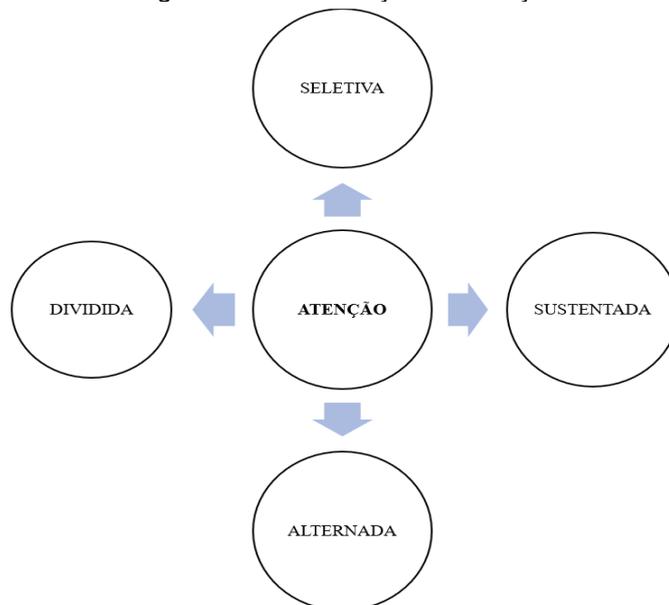


Fonte: Lima (2005, p. 115)

Pautados desse entendimento, pode-se destacar inúmeros fatores que influenciam o processamento da atenção, são eles: o ambiente em que o indivíduo está inserido, a importância da atividade desenvolvida, a motivação, a qualidade das informações captadas, o estado emocional do sujeito, entre outros (CORTESE *et al.*,

1999). Para tanto, considerando os aspectos de alerta e inatenção, destaca-se que os estímulos recebidos do meio, remetem aos tipos de processamento automático e controlado. Dessa forma, em uma perspectiva operacional, a atenção recebe algumas classificações. Nesse sentido, Lima (2005), classifica a atenção em três tipos: seletiva, sustentada, alternada e dividida. Conforme apresentado na figura 22.

Figura 22: Classificação da atenção



Fonte: Adaptado de Lima (2005)

Tendo em vista a distinção dos tipos de classificações da atenção proposto por Lima (2005), são apresentadas, no Quadro 4, características correspondentes a tipologia da atenção.

Quadro 4: características da tipologia da atenção

<b>Tipo de atenção</b>	<b>Características</b>
Seletiva	O indivíduo privilegia determinados estímulos com relação aos demais.
Sustentada	O foco atencional do indivíduo é mantido durante um período de tempo, com o propósito de desenvolver tarefas (Sarter <i>et al.</i> 2001).
Alternada	O indivíduo desvia o foco da atenção, ou seja, a focalização atencional é desengajada de um estímulo e recrutada a outro.

Dividida	Capacidade de realizar duas tarefas de forma simultânea.
----------	--

Fonte: O autor (2021), adaptado de Lima (2005)

A literatura, dispõe, além desses tipos de atenção, de diferentes nomenclaturas relacionadas a pesquisas, cujo objeto de estudo baseia-se nos mecanismos atencionais. Dentre elas, pode-se destacar a atenção mantida, contínua, focalizada, focada, conjunta e compartilhada (Benczik, e Casella, 2007; Boujon, e Quaireau, 2000; Bosa, 2002). As pesquisas relacionadas ao campo atencional sofreram refinamentos significativos após a década do cérebro (1990-2000), com a implementação da técnica da neuroimagem, possibilitando indicações acerca das estruturas cerebrais, inclusive de mecanismos relacionados a atenção.

### 1.5.1 – O estudo neurocognitivo da atenção

O cérebro humano encontra-se rodeado por diversos estímulos ao seu redor, apesar de ser constituído por milhões de células interligadas a trilhões de sinapses, este não consegue processar esses dados de uma única vez. Dessa forma, este órgão irá examinar quais fomentos são essenciais para nosso desenvolvimento, descartando os demais. A seletividade das informações deve-se a um fenômeno denominado de atenção.

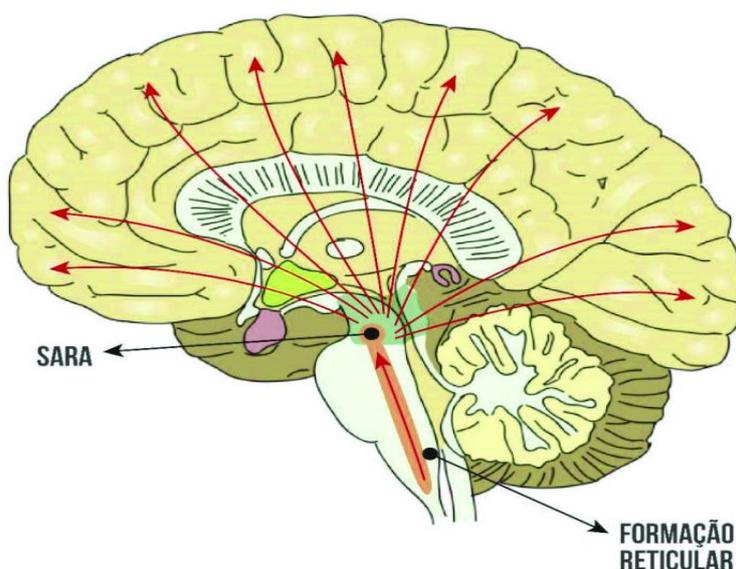
O funcionamento do cérebro sofre diversas variações, seja em regimento profundo de sonolência ou no despertar, ou ainda em um estado de alerta extremo. Tais, fatores prejudicam de forma direta o desenvolvimento das funções atenção, memória e o processamento cognitivo. Nesse sentido, para que a atenção seja manipulada pelo encéfalo, torna-se necessário um nível apropriada de vigília.

Nesse sentido, Cosenza e Guerra (2011) destacam a existência de pelo menos três circuitos nervosos, essenciais para o processo de atenção. O primeiro refere-se a um sistema funcional do encéfalo, responsável pela regulação dos níveis de vigilância, através dos neurotransmissores (dopamina). Regulando a atenção de forma reflexa (estímulos periféricos e suas características) e voluntária (aspecto central do processamento cerebral).

O segundo, possui a capacidade de orientação, desligando atenção de um determinado ponto a dirigindo-a para outro específico. Já o terceiro, trata-se de um circuito executivo, localizado na área do córtex frontal, em uma região chamada de giro de cíngulo, seu propósito é manter o prolongamento da atenção mesmo que existam estímulos distraidores. Para tanto, infere-se que a atenção executiva tem grande eminência no controle cognitivo e emocional.

O estado de alerta ou níveis de vigília é regulado no tronco encefálico, especificamente na formação reticular. A retina é incumbida de selecionar os estímulos internos e externos satisfatórios para a promoção da interação do indivíduo com o meio (BRANDÃO, 1995; LIMA, 2005). Acerca desse processo, Silva (2019) afirma que “essa interação ou intermediação justifica-se pelas informações provenientes dos receptores sensoriais, passando pela formação reticular, de onde ascendem as fibras para estruturas diencefálicas e corticais” (p. 107). Dessa forma, a região cortical, ativada pelo sistema ativador reticular ascendente (SARA) (Figura 23), mantém o estado de alerta e seleciona as respostas relacionadas ao comportamento.

Figura 23: Sistema Ativador Reticular Ascendente (SARA)



Fonte: O autor (2021)

Lima (2005), destaca que o mesencéfalo e o tálamo, são os componentes principais do SARA. A estrutura mesencéfalica, produz fluxos de impulsos neurais, essenciais para o estado de vigília e o talâmico, habilita outras áreas corticais, a saber, o córtex parietal. Essa habilitação ocorre através dos neurônios presentes no córtex parietal, que recebem os estímulos tanto da estrutura talâmica, quanto de outras corticais associadas. Nessa perspectiva, deve-se destacar duas regiões importantes para esse processo: o giro do cíngulo (informações límbicas) e os núcleos da base e do colículo superior (informações motoras). O giro do cíngulo é responsável pelo controle emocional e cognitivo (COSENZA; GUERRA, 2011). A formação reticular influencia diretamente essas regiões, promovendo a regulação dos níveis de ativação (BRANDÃO, 1995; LIMA, 2005).

Para tanto, a explanação das regiões cerebrais destacadas até aqui, englobam os processos referentes a ativação da função atenção. Desse modo, a atividade cerebral

comunga com os padrões de aprendizagem, visto que, para a efetivação da aprendizagem é fundamental que o estudante ative seu sistema atencional.

### **1.5.2 - A atenção seletiva como gatilho para a aprendizagem**

A característica da seletividade encontra-se presente em nosso contexto em inúmeras situações, desde a escolha de uma roupa, um calçado, antes de irmos para o trabalho ou a escola, até mesmo, no momento do almoço, quando optamos por qual o alimento comeremos. Essa situação acontece de forma análoga a função cognitiva da atenção, especificamente com a atenção seletiva.

Essa função é conceituada por Gonçalves e Melo (2009) como “a capacidade de se direcionar a atenção para uma determinada parte do ambiente, enquanto os demais estímulos à sua volta são ignorados” (GONÇALVES; MELO, 2009, p. 67). Dessa forma, a focalização da atenção será direcionada, de forma voluntária, a um conjunto específico de estímulos.

Outra definição acerca dessa terminologia é apresentada por Lima (2005). Para ele essa função é definida como a “capacidade do indivíduo privilegiar determinados estímulos em detrimento de outros, ou seja, está ligada ao mecanismo básico que subsidia o mecanismo atencional” (LIMA, 2005, p. 117).

As influências dos mecanismos de controle atencional (codificação das entradas sensoriais) sobre o processamento de informações desencadearam o surgimento da terminologia “atenção seletiva”. Nessa perspectiva, alguns estudos da literatura apontam que o funcionamento desses mecanismos, acontecem em regiões cerebrais específicas, tais como: a região pré-frontal e a parietal (CORTEZ *et al.*, 2013; SILVA, 2019).

Sobre essa função, Luria (1979), um dos pioneiros a descrever sobre este mecanismo, afirma que no decorrer do processo atencional, a seleção das informações depende de três fatores, a saber, o volume da atenção, a estabilidade e as oscilações. O volume da atenção, refere-se a escolha dos estímulos dominantes, considerando a variação da quantidade de estímulos recebidos, a estabilidade é refere-se ao tempo de duração do estímulo considerado indispensável e as oscilações, que consiste no ciclo do processo, onde os conteúdos provenientes da consciência podem assumir uma característica dominante ou perderem-na.

Pautados nas concepções de Sternberg (2010), os processos conscientes e inconscientes estão envolvidos na função executiva da atenção. Essa perspectiva, nos remete, de forma análoga a tecer relações com os processamentos automáticos e controlados. Para tanto, ao citarmos a função cognitiva atenção, devemos incitar

também, os mecanismos imprescindíveis no estudo dessa temática, são eles: *bottom-up* e *top-down*.

Sternberg (2008) esclarece que estudos iniciais sobre a Atenção, elaborados por William James, Colin Cherry, Edward Titchener e Donald Broadbent, buscavam explicar os processos de alta ordem. Entretanto, as referidas pesquisas apresentaram falhas, pois desconsideravam os processos automáticos envolvidos na atenção. Nessa perspectiva, com o intuito de sanar as falhas provenientes dos estudos anteriores e explicar a relação entre os processos *bottom-up* e *top-down*, Treisman (1990), propõe a integração de processos cognitivos e perceptivos, no estudo da atenção, ou seja, uma parcela é processada valendo-se da consciência (processamento cognitivo) e a outra de forma paralela (pré-consciente ou automática).

O primeiro está associado ao processamento automático da atenção. Baseia-se na percepção de formas e cores, derivada do campo visual, presente no lobo Occipital. Além disso, destaca-se também, o tratamento visual de objetos que apresentam características definidas, originados na região ventral do lobo temporal, promovem alterações no foco atencional (KOLB e WISHAW, 2002). Já os processos de alta ordem ou *top down*, dependem da atividade cognitiva para traçar os objetivos de uma orientação esperada, como por exemplo: optar por objetos importantes em detrimentos de outros, inibindo, dessa maneira, os estímulos insignificantes. Desse modo, cria-se conexões com a imagética mental e com a memória visuo-espacial (PASHLER *et al.*, 2001).

Com efeito, Filgueiras (2010) ressalta que os termos concentração e atenção devem ser pensados, epistemologicamente, de maneira distinta. Para tanto, o autor destaca que:

A concentração usa de fato a atenção seletiva como para manter seu foco ao longo de uma janela temporal, ou seja, suficiente para executar de forma satisfatória aquilo que se deseja. O córtex límbico (hipocampo e amígdala) parece estar relacionado à atividade de manutenção do foco atencional: a concentração (FILGUEIRAS, 2010, p. 143).

Nesse sentido, amparados nos constructos de Pylyshyn e colaboradores (1994), podemos inferir que os processos atencionais em tela, possuem vias paralelas no tocante ao tratamento da atenção. Acerca dessa afirmativa, Filgueiras (2010) comenta que “A atenção seletiva voluntária, que usa processos de alta ordem, a concentração, que usa ambos os processos, e a atenção automática, que usa processos *bottom-up*, possuem vias neurais diferentes” (FILGUEIRAS, 2010, p. 144). Para tanto, pode-se inferir que a emoção e percepção constituem-se nos processos controlados (*top-down*),

enquanto o controle e manutenção da atenção, bem como a cognição pertencem aos processos automáticos (*bottom-up*). Entretanto, ambos corroboram para a efetivação da aprendizagem.

Por fim, torna-se válido ressaltar que para fins desta pesquisa, como forma de verificar o nível de atenção dos discentes, optou-se por considerar as seguintes teorias: a Teoria da seleção Tardia (TST), proposta por Deutsch e Deutsch, em 1963, na qual pode-se destacar as suas interrelações acerca da atenção dos indivíduos e a Teoria da atenuação (TA), proposta por Treisman, em 1964, cujo objetivo consiste na redução dos estímulos recebidos a partir da substituição do filtro completo por um atenuador, que neste caso, agirá reduzindo e não eliminando por completo a entrada de informações do meio no ouvido, parte desses estímulos chegam ao processamento perceptual.

Tais constructos teóricos foram selecionados tendo em vista as tarefas que os estudantes realizaram, pois dentre elas, algumas exigiram que os mesmos registrassem, apenas as informações relevantes (TST) e em outras foram reduzidas a quantidade de estímulos (TA). Nesse sentido, visando salientar a importância dessas teorias, o Quadro 5 a seguir destaca os princípios elencadas nas respectivas bases teóricas.

Quadro 5: Demarcação dos princípios da TST e TA

MARCADOR	PRINCÍPIO	BASE TEÓRICA
P1	Registro de forma significativa de todas as informações ambientais, perceptuais.	TST
P2	Características físicas selecionam alguns estímulos para processamento completo e outros são parcialmente processados.	TA
P3	Seleção de estímulos relevantes para focalização através de um filtro seletivo.	TST
P4	Redução dos estímulos recebidos a partir da substituição do filtro completo por um atenuador.	TA
P5	Construção de representações sensoriais a partir dos estímulos recebidos (STERNBERG, 2010).	TA

Fonte: O autor (2021)

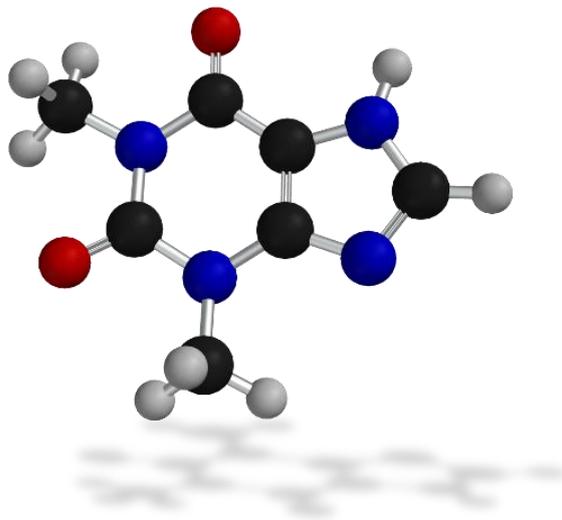
Para tanto, os constructos teóricos apresentados até aqui, foram fundamentais para a elaboração da SD, que será discutida de maneira detalhada na seção a seguir, bem como o público alvo desta pesquisa.



# CONCEPÇÃO E ANÁLISE *A PRIORI*

---

- O campo de investigação e o público alvo
- Planejamento da sequência didática



## 2 – CONCEPÇÃO E ANÁLISE A *PRIORI*

A segunda fase da EDC corresponde a análise das condições necessárias para a promoção da execução, ou seja, nesta fase serão avaliadas as variáveis macrodidáticas (que corresponde a organização global da pesquisa) e as microdidáticas (que se refere a organização local da pesquisa).

Cabe salientar que nesta fase foram consideradas algumas etapas da EDC, a saber: o campo de investigação e o público alvo, a revelação dos caminhos (métodos, técnicas ou estratégias) quanto a resolução de questões, determinar os saberes químicos prévios ligados e supostamente disponíveis bem como a antecipação das prováveis dificuldades destacadas pelos discentes no momento da resolução das questões. Visto que, o trabalho de engenharia deve ser realizado em grupo (ARTIGUE, 1998). Entretanto, este estudo ocorreu por meio de realização individual. Além disso, o tempo de realização da pesquisa (inferior a 2 anos) e a dificuldade de disponibilidade de voluntários para a coleta de dados, devido ao período da pandemia da COVID-19, corroborou para a subtração das demais etapas.

Nessa perspectiva, a partir desta fase, o pesquisador buscará subsídios, embasados nos constructos teóricos da EDC, para planejar a Sequência Didática (SD), prever de maneira sistemática possíveis resultados e propor hipóteses para as atividades. É importante destacar, que as variáveis didáticas devem ser determinadas, considerando as condições dos discentes e do ambiente. Além disso, há a necessidade de registrar os resultados esperados para posteriormente serem constatados, bem como, a previsão das possíveis dificuldades, tendo em vista, a tomada de ação em caso de desequilíbrio durante a execução didática.

A EDC promove uma estrutura experimental apoiada a partir de consumações didáticas realizadas em sala de aula, ou seja, este recurso metodológico propicia aos profissionais da educação uma análise característica acerca das concepções, realizações, observações, investigações de sequências de ensino, além de uma auditoria fundamentada nos confrontos das análises prévias e posteriores dos estudantes, distinguindo-se das demais metodologias tradicionais que fazem o uso de pré-testes e pós-testes (GOMES e OLIVEIRA, 2007).

Além disso, considerou-se como base teórica da atenção para o desenvolvimento desta pesquisa, as proposições apresentadas pela Teoria da Seleção Tardia (TST), proposta por Deutsch e Deutsch, em 1963, na qual destacou-se as suas interrelações acerca da atenção dos indivíduos. Pois, essa teoria parte do princípio de

que os sujeitos conseguem registrar de forma significativa todas as informações ambientais, entretanto, um filtro seletivo é responsável por selecionar o que for relevante para focalização. Esse modelo “muda a localização do filtro bloqueador de sinais que sucedem ao invés de precederem, pelo menos, algum processamento da percepção necessário ao reconhecimento do sentido nos estímulos” (STERNBERG, 2010, p. 137).

Em conjunto, também buscou-se apoio na Teoria da Atenuação (TA), proposta por Treisman, em 1964, cujo objetivo consiste na redução dos estímulos recebidos a partir da substituição do filtro completo por um atenuador, que neste caso, agiria reduzindo e não eliminando por completo a entrada de informações do meio no ouvido, parte desses estímulos chegam ao processamento perceptual. Enquanto os princípios neuroeducativos apontam as melhores estratégias e métodos para compor esse ambiente.

Desse modo, os traços da atenção serão mensurados a partir do teste de atenção, realizado por profissionais habilitados da área da psicologia, em duas etapas: antes de iniciar a SD e após o término da aplicação de todas as seções desta e dos registros escritos dos discentes. Visto que, pode-se verificar mudanças fisiológicas cerebrais, “através da aquisição de um aprendizado e da formação de uma memória” (IZQUIERDO, 2011, p. 59).

Embora as concepções teóricas da EDC, estejam direcionadas aos olhares da área de Didática da Matemática, verificou-se a possibilidade de aplicá-la no campo da química<sup>28</sup>, visto que, os princípios dessa estratégia metodológica deparam-se sobre as características do processo de aprendizagem, pautando-se em situações didáticas reproduzíveis também na área das ciências naturais. Desse modo, a mudança dos níveis de aprendizagem dos estudantes será identificada como resultado do processo desse estudo, de forma a apontar possíveis utilizações dessa estratégia metodológica, bem como a SD, no âmbito da Química, a fim de ampliar as pesquisas com esses parâmetros, na área supracitada.

Segundo Artigue (1998), uma Sequência Didática (SD), pode ser definida como um conjunto de aulas organizadas e analisadas de forma prévia, cujo objetivo consiste em verificar situações de aprendizagem, tendo em vista, o envolvimento de conceitos prognosticados na pesquisa. Desse modo, a articulação entre o estudante e o conjunto pedagógico configura-se a partir da demarcação das quatro fases de ensino, a saber: a

---

<sup>28</sup> SILVA (2018). Estudo realizado baseando-se na Engenharia Didática como forma de avaliação da aprendizagem na área das ciências naturais de estudantes da Educação Básica.

ação, a formulação, validação e a institucionalização. Entretanto, deve-se salientar que tais etapas necessitam de aportes capazes de motivar o interesse dos discentes em questão.

Nesse sentido, uma SD foi estruturada, com base nos constructos supracitados por Brousseau (2007), e em alguns dos princípios da EDC, proposto por Artigue (1998), considerando também as contribuições das teorias da seleção tardia e da atenuação e os princípios neuroeducativos, a fim de selecionar quais variáveis micro e macro didáticas são relevantes no processo de aquisição do novo conhecimento químico.

Por fim, cabe salientar que a intervenção didática ocorreu em uma escola da rede privada de ensino, com estudantes de duas turmas do 2º ano do Ensino Médio conforme discussão a seguir.

## **2.1 - O campo de investigação e público alvo**

O público-alvo desta pesquisa foi duas turmas do 2º ano do Ensino Médio, uma contendo 08 estudantes (2º ano I) e a outra com 12 alunos (2º ano II), sendo 09 do sexo masculino e 11 do sexo feminino, com idades entre 15 e 16 anos, de uma escola privada no interior do Estado de Sergipe. Torna-se válido salientar que os discentes foram convidados a participar da pesquisa de maneira voluntária. Para tanto, o pesquisador solicitou autorização junto a equipe diretiva e a coordenação e ambos estão cientes quanto aos procedimentos e objetivos elencados a pesquisa, tal consentimento é comprovado a partir da assinatura do termo de anuência constante no Apêndice B. Além disso, fora solicitada também a autorização dos responsáveis dos alunos, através do termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A) para que os mesmos, menores de 18 anos pudessem participar da pesquisa.

A escolha do referido público, baseou-se no conteúdo em tela, Funções Orgânicas, que é trabalhado nesta série do Ensino Médio. Nessa perspectiva, destaca-se que o sistema avaliativo da escola é composto por unidades, sendo 6 unidades durante o ano, com duração em média de 2 meses cada. As avaliações sobre o conteúdo FO integrarão as unidades II, III e IV, com início no final de abril e término previsto para o mês de setembro. Cabe salientar que o pesquisador não leciona a disciplina de química nas turmas referidas.

A escola está situada no interior do Estado de Sergipe, no município de Tobias Barreto, funciona no período da manhã e tarde com o maternal, ensino fundamental I e II e o EM. Possui 15 salas de aula, das quais 13 dispõem de recursos tecnológicos (Datashow, televisão, notebook), 1 sala dos professores, 1 sala de impressão, 1

secretária, 1 sala da direção, 1 sala da coordenação, 1 sala da tesouraria, 1 laboratório de ciências, 6 banheiros, 1 cantina, 1 quadra esportiva coberta, 1 auditório, 1 pátio infantil coberto, 1 parque infantil, 1 sala de recursos para alunos com deficiência. Todas as salas de aula possuem boa iluminação e climatizadores.

Para tanto, os alunos serão divididos em dois grupos: grupo controle (GC) e grupo intervenção (GI). No qual serão aplicados os seguintes procedimentos: 1) O grupo GC assistirá o conteúdo FO por meio de aulas expositivas ministradas pelo professor da disciplina. 2) O grupo (GI) assistirá o conteúdo por meio de aulas expositivas e práticas, tendo como recurso o jogo didático elaborado com base nos princípios da neurociência e nas teorias destacadas. Serão realizadas três intervenções e após este período os discentes do GI serão avaliados de modo a verificar os avanços cognitivos e neurais obtidos.

Com efeito, como instrumento de coleta de dados será utilizado inicialmente um questionário (Apêndice C), afim de analisar previamente o conhecimento dos discentes acerca do conteúdo FO, posteriormente serão elencadas tarefas didáticas com base nas fases de ensino destacadas anteriormente e na EDC, além de registrar os dados através de imagens durante a realização das aulas.

Nesse sentido, para a ocorrência das aulas será necessário o uso de notebook, Datashow, televisão, app, aparelho celular, internet, quadro e pincel.

Dessa maneira, os estudantes participantes da pesquisa foram submetidos a realização de um teste psicológico de caráter atencional, manipulado por um profissional habilitado, durante a primeira fase de coleta de dados, com o intuito de verificar o nível inicial de atenção dos mesmos. Após a aplicação da sequência didática e realização das tarefas referentes as FO, os discentes fizeram novamente, o teste atencional para verificar se houve melhorias no nível de atenção durante o desenvolvimento da pesquisa. Cabe salientar que os resultados apontaram melhorias nos níveis de atenção de ambos os grupos (controle e intervenção), principalmente do GI.

Para tanto, cabe salientar que as tarefas propostas na SD, foram organizadas a partir de alguns princípios instituídos por Artigue (1998), a saber: revelação dos caminhos (métodos, técnicas ou estratégias) na resolução de questões, determinação dos conhecimentos químicos prévios atrelados e supostamente disponíveis e antecipação de possíveis empecilhos apresentados pelos alunos durante a resolução das questões. Dessa forma, obteve-se:

**Tarefa 1:** O que você entende por química orgânica?

- Área da Química que estuda a composição do carbono.
- Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.
- Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.

**Tarefa 2:** Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?

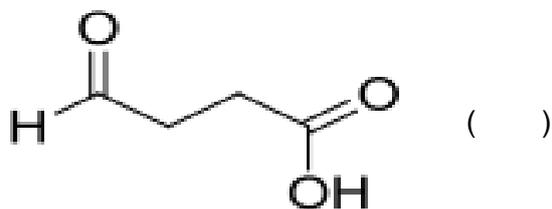
- Entender como os compostos orgânicos são constituídos.
- Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.

**Tarefa 3:** Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?

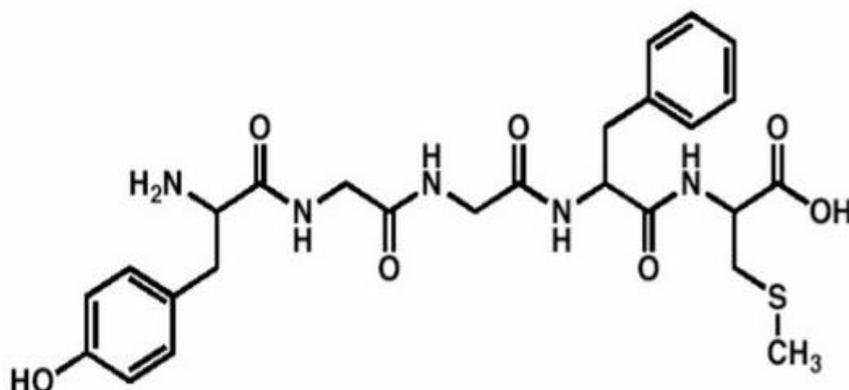
- São grupos de compostos orgânicos que possuem propriedades químicas diferentes, devido a presença de átomos distintos em sua estrutura.
- São grupos de substâncias com propriedades químicas semelhantes, compostos por cadeias carbônicas e grupos funcionais específicos.

**Tarefa 4:** Descreva como as Funções Orgânicas estão presentes em nosso cotidiano? Justifique

**Tarefa 5:** Qual(is) da(s) estrutura(s) química(s) abaixo apresenta a função ácido carboxílico? Justifique.



**Tarefa 6:** A molécula ilustrada abaixo é um tipo de endorfina, um dos neurotransmissores produzidos pelo cérebro.



Com base na imagem, circule na molécula, as Funções Orgânicas que é de seu conhecimento e atribua o nome de cada grupo funcional no quadro abaixo.

--	--

Desse modo, as tarefas supracitadas foram estruturadas em blocos classificados em **mínimo** (exige do estudante a aplicação imediata de fórmulas, teoremas, definições, entre outros, para a resolução da tarefa) **médio** (para a resolução deste tipo de tarefa exige-se do aluno um maior raciocínio quando comparado ao bloco anterior, aplicando algumas propriedades de seu conhecimento, desde que a tarefa apresente explicitamente a questão) e **máximo** (este bloco, exige do discente a capacidade de resolver as tarefas solicitadas sem nenhuma indicação, se faz necessário que este descubra por si mesmo qual(is) conhecimento(s) necessário(s) para resolver a tarefa). Conforme destacado no Quadro 6.

Quadro 6 – Classificação do nível de dificuldade das tarefas

BLOCOS DOS NÍVEIS DE TAREFAS	CONDIÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DAS TAREFAS	TAREFAS RELACIONADAS
BLOCO MÍNIMO	Aplicação de fórmulas, definições, propriedades, teoremas.	<b>TAREFAS 01 e 02</b>
BLOCO MÉDIO	Aplicação de propriedades a partir da explicitação da questão.	<b>TAREFAS 03 e 04</b>
BLOCO MÁXIMO	Capacidade de resolver as tarefas solicitadas sem nenhuma indicação, o estudante deverá descobrir quais os conhecimentos são necessários para resolver a tarefa.	<b>TAREFAS 05 e 06</b>

Fonte: O autor (2021)

Tendo em vista a estruturação das tarefas supracitadas, ilustradas no Quadro 6, as seções a seguir, analisam-nas de forma detalhada, baseando-se nos princípios da EDC, instituídos por Artigue (1998).

## **2.2 - Revelação dos caminhos (métodos, técnicas ou estratégias) na resolução de questões**

### **Caso da Tarefa 1:**

A química orgânica, é um ramo da ciência Química que se encontra presente de forma significativa em nosso cotidiano, a saber: na confecção de roupas, utensílios como recipientes de plásticos, fabricação de pneus entre outros. Desse modo, se os estudantes utilizarem essas representações diárias, é necessário associá-las aos

compostos orgânicos para que possam conceituar a química orgânica. Entretanto, apesar de possuir em suas fórmulas estruturais a predominância do átomo de carbono, preocupa-se também em estudar as propriedades, estruturas, composições, reações e sínteses dos compostos orgânicos em geral. Neste caso, a presença do carbono não fornece aporte teórico suficiente para abranger o estudo da química orgânica. Pode-se então, supor que o Grupo A de alunos, que vai funcionar sem as representações da química orgânica no cotidiano, será mais difícil conceituar a química orgânica, enquanto outro Grupo B, que também funcionará da mesma maneira, poderá atribuir a predominância do átomo de carbono nos compostos orgânicos ao conceito de química orgânica. Já o Grupo C, que utilizará as representações supracitadas, associará estas aos compostos orgânicos facilitando a definição da química orgânica.

#### **Caso da Tarefa 2:**

Diversas ações do homem estão ligadas a química orgânica, desde a saúde à indústria alimentícia, dentre elas pode-se listar: a produção de alimentos, de bebidas, de fármacos, de roupas, os procedimentos cirúrgicos como o enxerto, confecção de produtos oriundos da borracha, como pneus, a produção de plásticos a partir de diversos polímeros (PVC, PVA). Todas elas são essenciais para a manutenção da vida humana, assim sendo, é necessário que os discentes utilizem esses exemplos para justificar a importância da química orgânica em seu cotidiano. Entretanto, a associação isolada dessas necessidades não dará subsídios para os estudantes a entenderem a importância da química orgânica para seu dia a dia. Pode-se então, supor que o Grupo A de alunos, que não vai utilizar as ações supracitadas da química orgânica no contexto diário, será mais difícil justificar sua importância, visto que não terá argumentos suficientes para defender seus ideais, enquanto outro Grupo B, que também funcionará da mesma maneira, poderá atribuir a constituição dos compostos orgânicos como justificativa imprescindível para sua existência. Já o Grupo C, que utilizará as ações descritas, associará estas aos compostos orgânicos servindo-se de conhecimento da química orgânica, facilitando sua justificativa quanto a sua importância para nossa existência.

#### **Caso da Tarefa 3:**

As inúmeras ações do homem listadas na tarefa anterior, são responsáveis por originar diversas substâncias constituídas por compostos orgânicos semelhantes que também estão presentes no contexto da química orgânica e podem apresentar propriedades iguais ou distintas umas das outras, como ponto de ebulição e fusão, solubilidade, densidade, entre outros. Nesse sentido, se faz necessário que o discente

associa essa diversidade de materiais à possibilidade de organiza-los considerando aproximações em suas propriedades. Entretanto, cabe salientar que os compostos orgânicos apesar de serem constituídos por estruturas específicas podem ou não apresentar semelhanças entre si. Pode-se então, supor que o Grupo A de alunos, que não vai utilizar as considerações supracitadas da diversas substâncias da química orgânica, será mais difícil apresentar uma definição para as Funções Orgânicas, um outro Grupo B, que também funcionará da mesma maneira, poderá conceituar as funções valendo-se apenas das diferentes estruturas de cada substância. Enquanto o Grupo C, que utilizará as considerações descritas, associará as semelhanças das propriedades químicas desses compostos, bem como sua constituição por grupos específicos.

#### Caso da **Tarefa 4:**

Diversas substâncias utilizadas diariamente estão inseridas no contexto da química orgânica, especificamente na constituição das FO, dentre elas pode-se destacar o vinagre, o gás de cozinha (necessário para queimarmos e assim produzirmos fogo<sup>29</sup> para cozinhar os alimentos), a cafeína substância presente no café que consumido diariamente, a glicose (açúcar), compostos aromáticos (utilizados na fabricação de medicamentos, alimentos, entre outros, como os corantes empregados nas indústrias alimentícias, principalmente para dar sabor aos alimentos, a vitamina C (conhecida cientificamente como ácido ascórbico, auxilia no combate à gripe e a imunidade baixa) entre outros. Entretanto, cabe salientar que exemplificar uma substância de forma isolada não é suficiente para o aluno possa conectar estas com a noção de FO. Nessa óptica, pôde-se notar que o contato com essas substâncias ocorre de forma constante e diária. Assim sendo, é necessário que os estudantes associem essas substâncias ao contexto da química orgânica e utilizem esses exemplos para justificar a presença das FO em seu cotidiano. Pode-se então, supor que o Grupo A de alunos, que não vai utilizar os exemplos das substâncias presentes no cotidiano, será mais difícil apresentar uma justificativa para demarcar a presença das FO em seu dia-a-dia e sua importância, um outro Grupo B, poderá se recordar de alguns dos exemplos citados, porém não conseguirá associá-los ao contexto das FO. Enquanto o Grupo C, que utilizará as considerações descritas, terá facilidade em associá-las as FO e consequentemente justificar sua presença no cotidiano.

---

<sup>29</sup> Para fins desse estudo apesar do pesquisador considerar o fogo como precursor da análise epistemológica das funções orgânicas, optou-se por não adotá-lo e manuseá-lo em nenhuma tarefa, sendo citado apenas nessa tarefa como forma de justificar a utilização do gás de cozinha, tendo em vista, o perigo iminente que os estudantes estavam expostos quanto ao seu manuseio.

**Caso da Tarefa 5:**

A Função Orgânica denominada de ácido carboxílico encontra-se presente em nosso cotidiano de diversas formas, dentre elas pode-se salientar a estrutura do ácido fórmico (metanoico) liberada pelas formigas como mecanismo de defesa, o ácido acético, utilizado na fabricação do vinagre, o ácido ascórbico (vitamina C) entre outros. É necessário nesta tarefa que os discentes saibam identificar a radical carboxila pertencente a FO supracitada. Entretanto, se faz necessário também reconhecer os grupos constituintes das Funções Orgânicas amida, cetona, enol e éster, visto que estas possuem semelhanças com a função ácido carboxílico. Pode-se então, supor que o Grupo A de alunos, que não vai utilizar as características do grupo funcional ácido carboxílico como referência para a realização da tarefa, dessa forma, será mais difícil apontar qual das estruturas listadas refere-se a função ácido, um outro Grupo B, poderá se recordar da nomenclatura das funções presentes nas estruturas (ácido carboxílico, aldeído e cetona) e não se lembrar do radical pertencente a função em destaque. Enquanto o Grupo C, que utilizará as considerações descritas, terá facilidade em associá-las a Função Orgânica ácido carboxílico e conseqüentemente justificar a escolha da molécula.

**Caso da Tarefa 6:**

A diversidade de compostos orgânicos, especificamente as Funções Orgânicas, presentes no cotidiano, a saber: o vinagre, o gás de cozinha, a cafeína, a glicose (açúcar), os compostos aromáticos, a vitamina C, a dipirona entre outros, impulsionou os estudiosos da área a classificá-las em grupos funcionais específicos, denominados FO. Dentre eles pode-se destacar os grupos dos compostos oxigenados, nitrogenados, halogenados e sulfurados. Nesse sentido, se faz necessário que o estudante identifique a presença de heteroátomos (N, O, S) na cadeia carbônica, bem como, os radicais pertencentes a estes grupos a fim de distingui-los quanto a sua classificação e propriedades dos demais grupos funcionais. Pode-se então, supor que o Grupo A de alunos, que não vai utilizar as classificações dos grupos funcionais, será mais difícil identificar os diferentes grupos funcionais na estrutura ilustrada na questão, um outro Grupo B, poderá se recordar da estrutura de algumas das funções presentes na imagem, e não se lembrar dos demais radicais. Enquanto o Grupo C, que utilizará as classificações das FO descritas, terá facilidade em destacar quais os grupos funcionais encontram-se presentes na molécula ilustrada na tarefa.

### **2.3 - Determinação dos conhecimentos químicos prévios atrelados e supostamente disponíveis**

#### **Caso da Tarefa 1:**

Para esta tarefa são esperados conhecimentos químicos prévios supostos disponíveis, a saber: ligações químicas, síntese de compostos inorgânicos como a ureia, história da química orgânica, características dos átomos de carbono e hidrogênio

#### **Caso da Tarefa 2:**

são esperados para esta tarefa conhecimentos químicos prévios supostos disponíveis, como: ligações químicas, reações químicas, síntese de compostos inorgânicos como a ureia, cadeias carbônicas e propriedades dos compostos orgânicos.

#### **Caso da Tarefa 3:**

Os conhecimentos químicos prévios supostos disponíveis para esta tarefa, são: características das cadeias carbônicas, propriedades dos compostos orgânicos e hidrocarbonetos e sua relação com o cotidiano.

#### **Caso da Tarefa 4:**

Para realização desta tarefa espera-se os seguintes conhecimentos químicos prévios supostos disponíveis: Ligações químicas, características das cadeias carbônicas, propriedades dos compostos orgânicos, hidrocarbonetos e sua relação com o cotidiano, noções de Funções Orgânicas.

#### **Caso da Tarefa 5:**

Para esta tarefa são esperados os conhecimentos químicos prévios supostos disponíveis: Ligações químicas, geometria molecular, características das cadeias carbônicas, propriedades dos compostos orgânicos, hidrocarbonetos e sua relação com o cotidiano, noções de Funções Orgânicas oxigenadas, estruturas com radicais carboxila.

#### **Caso da Tarefa 6:**

Os conhecimentos químicos prévios supostos disponíveis, para esta tarefa, são: Ligações químicas, geometria molecular, características das cadeias carbônicas, propriedades dos compostos orgânicos, hidrocarbonetos e sua relação com o cotidiano,

noções de Funções Orgânicas oxigenadas, nitrogenadas, halogenadas e sulfuradas, estruturas com radicais carboxila, carbonila.

## **2.4 - Antecipação de possíveis empecilhos apresentados pelos alunos durante a resolução das questões**

### **Caso da Tarefa 1:**

É possível que nesta tarefa exista as seguintes dificuldades dos alunos: distinguir que na síntese da ureia os reagentes são classificados como compostos inorgânicos e os produtos da reação (ureia) é de caráter orgânico; lembrar os tipos de ligações que os átomos de carbono e hidrogênio realizam; compreender a estrutura de uma reação química (reagentes interagindo para dar origem aos produtos); associar as estruturas formas por carbono e hidrogênio aos compostos orgânicos.

### **Caso da Tarefa 2:**

Para esta tarefa pode-se destacar as seguintes dificuldades dos discentes: considerar que as reações químicas acontecem constantemente em diversas situações do cotidiano, como a queima de alguma substância, a digestão dos alimentos, o processo de respiração dos organismos vivos, entre outros e são fundamentais para a manutenção da vida humana; estabelecer relação entre as características do carbono e hidrogênio e as cadeias carbônicas; associar os hidrocarbonetos e suas propriedades com substâncias presentes no cotidiano, por exemplo o butano (gás de cozinha).

### **Caso da Tarefa 3:**

As possíveis dificuldades dos estudantes para esta tarefa, são: considerar que o tamanho da cadeia carbônica influencia a propriedade do composto orgânico; o ponto de fusão e ebulição também influenciam a propriedade da substância; associar os hidrocarbonetos e suas propriedades com os grupos funcionais; distinguir os grupos específicos de cada composto.

### **Caso da Tarefa 4:**

É possível destacar para esta tarefa as seguintes dificuldades dos estudantes: considerar as diversas substâncias utilizadas em seu cotidiano e não as associar ao contexto das Funções Orgânicas; não se recordar de nenhum composto utilizado no dia-a-dia; distinguir os compostos em inorgânicos e orgânicos; associar a presença do carbono nas fórmulas as FO.

**Caso da Tarefa 5:**

Durante a realização desta tarefa, é possível que os discentes apresentem as seguintes dificuldades: associar a presença dos átomos de oxigênio e hidrogênio formando uma ligação entre si (hidroxila) as Funções Orgânicas; identificar os grupos funcionais oxigenados; distinguir as Funções ácido carboxílico da cetona, éster e aldeído.

**Caso da Tarefa 6:**

É possível que os alunos apresentem nesta tarefa as seguintes dificuldades: associar a presença da hidroxila (OH) ligada diretamente a um anel aromático a função fenol; distinguir as Funções Orgânicas oxigenadas das nitrogenadas, halogenadas e sulfuradas; distinguir a função amina (o grupo NH<sub>2</sub> apresenta-se ligado a um carbono saturado) da amida (o grupo NH<sub>2</sub> apresenta-se ligado a uma carbonila, ou seja, carbono com dupla ligação oxigênio); distinguir as funções ácido carboxílico, cetona e amida.

Com base nas possíveis dificuldades apresentadas pelos discentes durante a realização das tarefas, as seções a seguir discutirão de forma detalhada o processo de estruturação da SD, apontando as variáveis macro e microdidáticas da EDC, requisitos importantes para a intervenção didática. Além disso, são discutidas também as etapas vivenciadas em cada momento da aplicação da SD (descritos nas sessões I, II e III).

Dessa forma, é importante destacar que nos intervalos entre as três intervenções desse estudo, foi disponibilizado aos discentes um total de três Atividades de Reconhecimento dos Grupos Funcionais (ARGF) para estimulá-los a estudarem em casa. Por fim, deve-se salientar que houve a necessidade de um quarto momento destinado a pós-avaliação, o intuito dessa etapa é reaplicar os testes já trabalhados no primeiro encontro, a fim de comparar os níveis de atenção dos discentes e verificar se os erros cometidos anteriormente foram eliminados.

**2.5 – Análise *a priori* referente ao primeiro momento (sessão I)**

Os objetivos referente ao primeiro encontro foram: 1) Avaliar os conhecimentos prévios dos discentes relativos às FO; 2) Investigar o desempenho dos estudantes em atividades de reconhecimento dos grupos funcionais referentes às FO; 3) Propor aos alunos uma situação inicial de aprendizagem para revisar conceitos fundamentais para o entendimento das noções de FO, tais como, ligações químicas e representação espacial das estruturas das cadeias carbônicas.

Com relação ao primeiro objetivo, foi elaborado um teste semiestruturado (TE1). O TE1 foi aplicado em uma turma de 3º ano do Ensino Médio, com o intuito de verificar

a clareza quanto a formulação das questões e adequá-las caso houvesse necessidade e o direcionamento das respostas.

Referente ao segundo objetivo, optou-se em avaliar qualitativamente o desempenho dos alunos em atividades de reconhecimento dos grupos funcionais para a concepção dos radicais constituintes de cada FO. Desse modo, foi considerado os estudos sobre grupos funcionais revelados nas análises prévias, para a elaboração de uma atividade avaliativa que pudesse indicar habilidades visuoespaciais. Para tanto, utilizou-se o *software* livre “*organic function in organic chemistry – the test*” para exportação de moléculas e organização do teste 2 (TE2).

Quanto ao terceiro objetivo, foi necessário revisar conteúdos anteriores, tais como, ligações químicas, fórmulas de Lewis, introdução a química orgânica e cadeias carbônicas para que os estudantes adquirissem requisitos e avançassem nas atividades<sup>30</sup>. O terceiro teste (TE3), possibilitou avaliar os erros acerca das concepções de estruturas dos compostos orgânicos. Nesse sentido, a estrutura da sequência didática referente ao primeiro encontro é ilustrada no Quadro 7.

---

<sup>30</sup> Conforme será mostrado no quadro 7, as escolhas didáticas necessárias para introduzir o conteúdo tomaram como base, moléculas que pudessem ser facilmente associadas a algumas substâncias presentes no cotidiano do aluno, como a cafeína, metamizol (dipirona), ácido ascórbico (Vitamina C), sacarose, entre outras.

Quadro 7 - Sequência Didática da Sessão I

Tarefa	Objetivo	Marcador	Variável macrodidática	Variáveis microdidáticas Recursos e metodologia	Hipóteses	Previsão comportamental / solução
T1	Avaliar os conhecimentos prévios dos discentes sobre a noção de FO, resolvendo o TE1.	-	-	O TE1 contém questões objetivas e subjetivas. Para essa atividade não será computado um tempo estimado.	Tendo em vista a conjuntura da questão, espera-se um melhor desempenho nas questões objetivas.	Os alunos podem sentir dificuldade de compreensão das questões / O docente mediará a aplicação
T2	Avaliar o desempenho dos alunos nas atividades de reconhecimento dos grupos funcionais, considerando os resultados obtidos em TE2.	-	-	O TE2, contém 12 tarefas e será estipulado um tempo de 15 min para sua resolução. O docente mostrará um exemplo no Datashow acoplado ao computador e questionará se os alunos conseguiram compreender como o teste deve ser executado. Será explicado que em uma molécula pode existir mais de uma Função Orgânica.	Será possível obter indícios sobre os discentes quanto a facilidade ou não de reconhecer os grupos funcionais a partir das moléculas propostas.	Não compreender o objetivo do TE2 / O docente explicará de forma detalhada.
T3	Contextualizar o ensino das Funções Orgânicas a partir de uma situação do cotidiano do estudante	CONC5	Discussão temática com o intuito de estimular os sentidos olfativo, gustativo e visual	a) Os estudantes serão convidados a sentir o cheiro das substâncias ou degustá-las quando possível. b) O professor distribuirá pedaços de papéis contendo curiosidades e fatos a respeito das substâncias (Apêndice F) selecionadas para este teste, posteriormente, através	a) Espera-se a criação de memórias positivas dos discentes a partir da estimulação dos sentidos, ou seja, associar alguma característica perceptível através dos sentidos e	a) Os estudantes podem se negar a degustar as substâncias / O professor solicitará ao aluno para que ele escolha sobre qual substância tem interesse em

				<p>da discussão os estudantes deverão relacioná-las as respectivas substâncias.</p> <p>c) Algumas substâncias serão apresentadas aos discentes em recipientes distintos, juntamente com as fórmulas estruturais condensadas de cada uma impressa na tampa. Posteriormente, será explorado a visão, o olfato e se possível o paladar dos estudantes e solicitado que escolham uma das substâncias.</p>	<p>associá-la a determinado grupo funcional.</p> <p>b) A leitura e discussão dos fatos e curiosidades das substâncias propiciam o engajamento e o prazer.</p> <p>c) As informações provenientes do olfato são processadas no sistema límbico, desse modo, favorece a formação de memórias.</p>	<p>conhecer fatos e curiosidades.</p> <p>b) Os discentes podem não conseguir associar os fatos ou curiosidades as substâncias / O professor mediará a situação por meio de dicas até que os alunos cheguem a conclusão.</p> <p>c) Os estudantes podem não diferenciar através do olfato as substâncias / O docente questionará o aluno qual a substância lhes chamou mais atenção e apontará sua fórmula, destacando sua respectiva função.</p>
T4	Revisar conceitos anteriores importantes para o entendimento das estruturas das FO e introduzir o tipo	OB3	Trabalho coletivo, a proposta visa construir moléculas em grupo. O intuito é desenvolver a habilidade	Será solicitado a turma que se organizem em 06 grupos considerando a escolha das moléculas realizadas na tarefa anterior (máximo de 02 por grupo). Posteriormente, será disponibilizada as respectivas moléculas (Apêndice G) e solicitado aos discentes que	Tendo em vista que os estudantes não possuem conhecimento sobre as estruturas condensadas (os átomos de carbono e hidrogênio encontram-se ocultos	Os discentes podem questionar sobre as ligações destacadas em preto e as tracejadas/ O docente explicará que se trata da organização espacial da molécula

	de representação molecular de linha.		visuoespacial dos estudantes	realizem a montagem da estrutura em destaque, valendo-se de materiais (Kit moleculares, disponível na escola). Será explicado aos mesmos a referência de cada cor (qual o átomo correspondente, ex: preto = carbono), bem como o tamanho de cada átomo.	na molécula), espera-se que os alunos percebam que se seguirem o modelo impresso os átomos de carbono apresentarão inconsistências no que se refere a quantidade de ligações.	
T5	Avaliar de que maneira os discentes entenderam a transição da fórmula estrutural para a fórmula de linha.	OB5	-	O TE3 (Apêndice E) é composto por 4 questões. Duas (1 e 2) com o intuito de investigar se os estudantes consideraram os átomos de carbono e hidrogênio ocultos ao longo da cadeia e as outras duas (3 e 4) para verificar os conhecimentos sobre as ligações covalentes, especificamente dos átomos de C, N, O e H.	a) Se a molécula foi construída sem considerar os átomos de hidrogênio, espera-se que os discentes percebam o erro e apontem-no nas questões 3 e 4. b) Se a molécula fora construída de forma correta, espera-se que as questões 3 e 4 sejam resolvidas também de maneira correta. c) Mesmo que a molécula tenha sido construída de forma errada, os alunos podem resolver as questões subsequentes	Caso percebam irregularidades na molécula construída, os discentes podem questionar o que deve ser feito/ O docente não poderá intervir.

					corretamente, visto que, escutam repetidamente a informação que o carbono faz 4 ligações.	
T6	Identificar alguns grupos funcionais, presentes na molécula da endorfina	OB6	-	A tarefa em questão apresenta a fórmula da endorfina e tem como objetivo identificar os diferentes tipos de FO presentes na estrutura. Será explicado que em a molécula apresenta mais de uma Função Orgânica.	Tendo em vista a conjuntura da questão, espera-se os discentes consigam distinguir as Funções Orgânicas oxigenadas das nitrogenadas ou ainda confundir as funções amina e amida devido a sua semelhança.	Os alunos podem sentir dificuldade de distinguir as Funções Orgânicas presentes na estrutura da endorfina / O docente mediará a aplicação

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

O Quadro 8, apresenta as atividades de reconhecimento dos grupos funcionais designadas para casa, após o período da primeira intervenção e anterior a segunda. Para esta tarefa T1, recomenda-se que os estudantes a respondessem com dois ou três dias após a realização do primeiro momento e da mesma forma o faça para a T2.

Quadro 8 – Atividades de reconhecimento dos grupos funcionais ARGF01 e ARGF02 para ser realizada em casa

Tarefa	Objetivo	Marcador	Variável macrodidática	Variáveis microdidáticas Recursos e metodologia	Hipóteses	Previsão comportamental / solução
T1	Desenvolver habilidade visuoespacial quanto ao reconhecimento dos grupos (radicais) específicos a cada FO.	OB3 / OB5	Utilização de uma tabela impressa disponibilizada pelo professor, com a nomenclatura e os radicais de cada função.	Foi elaborada a ARGF01 (Apêndice H) com o intuito de treinar os discentes quanto ao reconhecimento dos grupos funcionais hidrocarbonetos e suas características.	Para a realização da atividade não haverá limite de tempo, logo espera-se que os estudantes disponham de um tempo considerável para treinarem até alcançar um desempenho favorável.	Os estudantes podem não resolver as tarefas designadas para casa/ O docente entrará em contato com os discentes incentivar e se certificar que a atividade será realizada por todos no prazo estabelecido.
T2		OB6		Foi elaborada a ARGF02 (Apêndice H) com o intuito de treinar os discentes quanto ao reconhecimento dos grupos funcionais oxigenados e suas características.		

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

## 2.6 – Análise *a priori* referente ao segundo momento (sessão II)

Os objetivos referentes ao segundo encontro foram: 1) Estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias referente ao primeiro encontro sobre os tipos de ligações que os átomos de C, N, O e H fazem e como estes átomos estão disponíveis em cada grupo funcional. 2) Revisar as ligações químicas e Funções Orgânicas (hidrocarbonetos, oxigenadas, nitrogenadas e casos específicos) com o auxílio de um jogo didático desenvolvido para esta finalidade.

Nesse sentido, foi elaborado um guia de atividades (GAT01, Apêndice I), com o intuito de coletar informações acerca de memórias elaboradas no primeiro momento, para que desta forma seja verificado quais estímulos externos marcaram os discentes. Além disso, o roteiro é destinado a revisão dos conteúdos ligações químicas e Funções Orgânicas (hidrocarbonetos, oxigenadas, nitrogenadas e casos específicos) através de um jogo didático.

A escolha do jogo didático deve-se a consideração que os recursos tecnológicos podem potencializar a aprendizagem dos estudantes, promovendo vivência interativa, dinâmica no ambiente de sala de aula. Sobre essa perspectiva, Prado (2005) comenta que o uso de recursos tecnológicos faz com que os estudantes estabeleçam diversas conexões e inúmeros ambientes de informações, podendo modificar, incluir, deslocar, articular, relacionar conceitos que por hora apresentavam-se enraizados, e posteriormente apresentam-se de maneira flexíveis. Nesse sentido, foi realizada uma busca na literatura com o intuito de encontrar um recurso tecnológico capaz de atender os objetivos desta pesquisa, porém não foi possível encontrar uma ferramenta que se adequa as exigências desse estudo. Nessa perspectiva, recorreu-se a elaboração de um recurso tecnológico a partir de uma plataforma digital on-line, acessível a aparelhos com sistema *Android* ou *IOS*, tendo em vista que os estudantes dispõem destes e a escola disponibiliza o acesso à internet de forma gratuita.

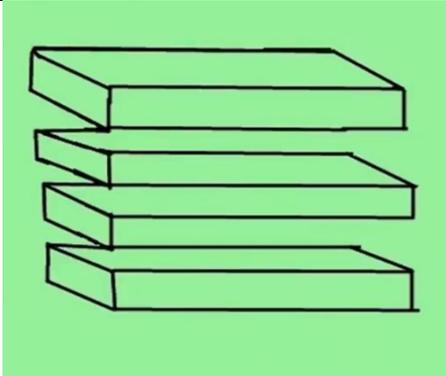
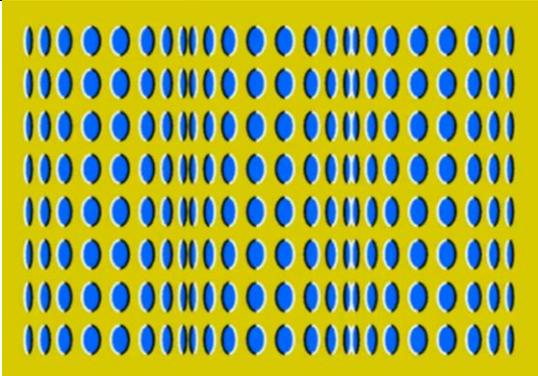
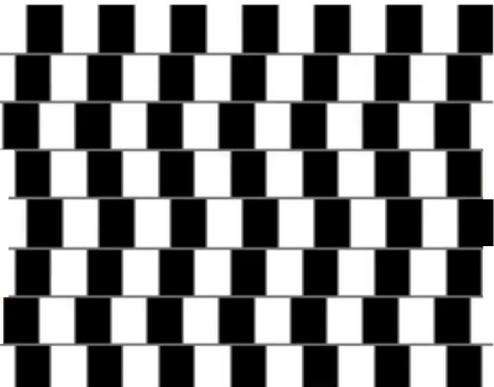
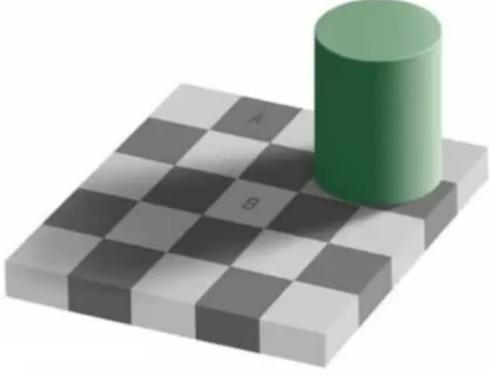
Embora a busca por recursos tecnológicos tenha apontado aplicativos criados por autores estrangeiros, como *organic function in organic chemistry – the test*, disponíveis de forma gratuita na plataforma do Google (*Play Store*), traduzido em 14 idiomas incluído o português, possam ser utilizados no ensino das FO, o pesquisador optou em desenvolver o jogo supracitado, pois todos os aplicativos encontrados dispõem em sua organização apenas os principais grupos funcionais, excluindo os demais, também considerados relevantes.

O desenvolvimento do jogo foi fundamental para o engajamento dos estudantes e dinamização do processo de incorporação de significado dos radicais pertencentes a

cada grupo funcional, estes serviram de estímulo para a aprendizagem das FO. Nesse sentido, cabe salientar que a incorporação desses significados consistiu na organização de diversas moléculas, a saber: cafeína, metamizol (dipirona), ácido ascórbico (Vitamina C), sacarose, entre outras, em uma única imagem para o desenvolvimento do jogo.

O jogo em tela, foi desenvolvido através da plataforma de criação de jogos e tarefas *Wordwall*. As moléculas com os respectivos grupos funcionais foram extraídas do *software* livre *organic function in organic chemistry – the test* e outras desenhadas pelo próprio pesquisador no *software* livre “*Jmol*”. Após a estruturação e programação do jogo, um link foi gerado e disponibilizado aos estudantes. Ao clicarem no link disponível o estudante observará a imagem com as diversas moléculas e ao redor desta encontra-se o grupo funcional correspondente a cada posição na imagem. Desse modo, recorrendo a função executiva atenção, os mesmos devem manusear a seta do nome correspondente ao grupo funcional, a posição correta que aquele grupo ocupa na imagem. Com efeito, antes de iniciar o jogo foi apresentado aos discentes 04 imagens-alvo, conforme destaca o Quadro 9, com o intuito de estimular a percepção e a atenção dos mesmos.

Quadro 9 – Organização das imagens-alvo para estimular a percepção e a atenção dos alunos

Imagens-alvo – 1 e 2	Imagens-alvo – 3 e 4
	
	

Fonte: Google domínio público

Quadro 10 - Sequência Didática da Sessão II

Tarefa	Objetivo	Marcador	Variável macrodidática	Variáveis microdidáticas Recursos e metodologia	Hipóteses	Previsão comportamental / solução
T1	Estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias referente ao primeiro encontro sobre os tipos de ligações que os átomos de C, N, O e H fazem e como estes átomos estão disponíveis em cada grupo funcional.	OB5 CONC3 CONC5	Utilização de recurso tecnológico para estimular a atenção e a compreensão de aspectos visuoespaciais referentes aos grupos funcionais das FO.	Apresentação das imagens-alvo para estimular a percepção e a atenção dos discentes. PARTE 1 a) Verificar se todos os estudantes estão com o aparelho celular e se os mesmos estão funcionando perfeitamente. b) Disponibilizar as folhas com as moléculas impressas e solicitar que escolham duas opções e entregar para cada um o GAT01 (Apêndice I), para que possam realizar a tarefa 01 do roteiro. Para as tarefas 2 e 3 entregar uma tabela com as classificações dos grupos funcionais e suas características. Para a tarefa 4 entregar uma folha com uma das moléculas na fórmula de linha impressa. Para a tarefa 5, disponibilizar o Kit molecular para verificar e corrigir os erros da tarefa anterior.	Espera-se que os discentes encontrem dificuldades em relembrar as FO, visto que, no primeiro momento os átomos de hidrogênio e carbono apresentam-se nas estruturas de maneira oculta. As tarefas 2 e 3 servirão para os alunos associem o cheiro das substâncias, a aplicação de cada uma e seus grupos funcionais, logo, espera-se que eles possam reformular as memórias a partir das novas informações. Por fim a tarefa 5, possibilita a identificação dos erros cometidos ao reproduzir as	a) A internet pode oscilar ou o aparelho celular pode apresentar alguma falha/ O docente irá verificar se houve apenas uma oscilação na rede e solicitará ao aluno que reinicie o jogo. b) Os estudantes podem ficar confusos com as moléculas que apresentarem mais de um grupo funcional / O docente explicará que o aluno deve tomar como referência um radical de cada vez.

					estruturas das moléculas, então espera-se que os discentes façam a correção apontando os radicais dos grupos funcionais.	
T2	Revisar as ligações químicas e Funções Orgânicas (hidrocarbonetos, oxigenadas, nitrogenadas e casos específicos) com o auxílio de um jogo didático desenvolvido para esta finalidade.	OB6 CONC3 CONC4		PARTE 2 – Solicitar que acessem o link do jogo, na tarefa 1 e 2, disponibilizar uma tabela com os radicais referente a nomenclatura das FO. Na tarefa 3, solicitar que os mesmos resolvam o exercício na plataforma e solicitar a dois ou mais estudantes para comentar sobre suas previsões acerca desta tarefa.	Para esta tarefa espera-se que os discentes não apresentem dificuldades, tendo em vista a maneira explicativa que o roteiro apresenta para a execução de cada tarefa.	a) O aluno poderá perguntar se a forma como ele está desenvolvendo a atividade está correta/ O docente não intervirá.

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

Quadro 11 – Atividade de reconhecimento dos grupos funcionais ARGF03 para ser realizada em casa

Tarefa	Objetivo	Marcador	Variável macrodidática	Variáveis microdidáticas Recursos e metodologia	Hipóteses	Previsão comportamental / solução
T1	Desenvolver habilidade visuoespacial quanto ao reconhecimento dos grupos (radicais) específicos a cada FO.	-	Utilização de uma tabela impressa disponibilizada pelo professor, com a nomenclatura e os radicais de cada função.	Foi elaborada a ARGF03 (Apêndice H) com o intuito de treinar os discentes quanto ao reconhecimento dos grupos funcionais nitrogenados e casos específicos e suas características.	Para a realização da atividade não haverá limite de tempo, logo, espera-se que os estudantes disponham de um tempo considerável para treinarem até alcançar um desempenho favorável.	Os estudantes podem não resolver as tarefas designadas para casa/ O docente entrará em contato com os discentes incentivar e se certificar que a atividade será realizada por todos no prazo estabelecido.

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

### **2.7 – Análise *a priori* referente ao terceiro momento (sessão III)**

Os objetivos referentes ao terceiro encontro foram: 1) Estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias referente aos conhecimentos científicos gravados em situações didáticas anteriores; 2) Legitimar a aprendizagem das FO.

Com efeito, foi elaborado um guia de atividades (GAT02, Apêndice I) dividido em duas etapas, a primeira destinada ao foco atencional, onde serão expostas moléculas pertencentes a diversos grupos funcionais com partes desses grupos ocultos e a segunda para servir de acompanhamento da aula, a partir da explanação do professor, conforme destacado no Quadro 12.

Quadro 12 - Sequência Didática da Sessão III

Tarefa	Objetivo	Marcador	Variável macrodidática	Variáveis microdidáticas Recursos e metodologia	Hipóteses	Previsão comportamental / solução
T1	Estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias referente aos conhecimentos científicos gravados em situações didáticas anteriores.	OB3 CONC3	Levantamento de questões sobre os encontros anteriores	Entregar o GAT02 (Apêndice I) aos discentes e solicitar que eles respondam a primeira etapa.	Considerando as vivências dos momentos anteriores, espera-se que os estudantes se recordem dos radicais de cada grupo funcional.	Os discentes podem não lembrar de todos os radicais dos grupos funcionais/ O professor deverá tirar as dúvidas de maneira coletiva.
T2	Legitimar a aprendizagem das FO.	CONC5	Revisão dos conteúdos trabalhados na durante os momentos anteriores	A segunda etapa do GAT02 servirá de guia para o acompanhamento da aula, tendo em vista a explicação do docente. 1- Inicialmente o docente deverá comentar que o objetivo do primeiro encontro foi revisar sobre a noção de introdução à química orgânica e os tipos de ligações químicas. 2-Destacar exemplos de substâncias trabalhadas e questionar os discentes por que estas apresentam propriedades químicas distintas.	Quando questionados sobre as diferentes propriedades químicas das substâncias, espera-se que os alunos façam uma associação com as distinções entre os grupos funcionais existentes. Com relação ao segundo questionamento, espera-se que os	Os discentes podem não lembrar como as FO podem ser classificadas/ O docente deverá se certificar que o conteúdo explicado foi entendido pelos discentes, formulando novos questionamentos.

				3- Explicar que este fenômeno se deve a diversidade de grupos funcionais existentes. 4- Solicitar que os estudantes respondam como as FO podem ser classificadas.	discentes respondam de maneira correta sobre a classificação das FO.	
T3	Avaliar o conhecimento científico sobre FO assimilado durante a intervenção.	-	-	O TE1 contém questões objetivas e subjetivas. Para essa atividade não será computado um tempo estimado.	Espera-se um melhor desempenho nas questões objetivas e subjetivas, comparados com a primeira aplicação.	Os alunos podem sentir dificuldade de compreensão das questões/ O docente mediará a aplicação
T4	Avaliar o desempenho dos alunos nas atividades de reconhecimento dos grupos funcionais, considerando os resultados obtidos em TE2.	-	-	O TE2, contém 08 tarefas e será estipulado um tempo de 15 min para sua resolução. O docente mostrará um exemplo no Datashow acoplado ao computador e questionará se os alunos conseguiram compreender como o teste deve ser executado. Será explicado que em uma molécula pode existir mais de uma Função Orgânica.	Espera-se um melhor desempenho, tendo em vista a comparação com a primeira aplicação.	Não compreender o objetivo do TE2 / O docente explicará de forma detalhada.

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

## **2.8 – Considerações finais acerca da análise a *priori***

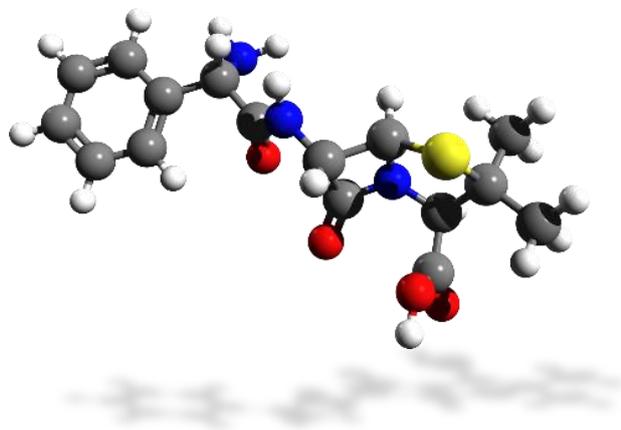
Após o terceiro dia de intervenção, os estudantes serão convidados a responderem novamente os testes TE1 e TE2, com o intuito de finalizar a investigação acerca da aprendizagem das FO e encerrar a intervenção didática.

Nesse sentido, é importante destacar que todas as atividades propostas nos três momentos foram pensadas considerando os resultados apresentados nos quadros teóricos 2 e 3, presentes nas seções 2 e 3 desta pesquisa, resultando nas escolhas didáticas e instrumentos de coleta de dados desta. As teorias da situação tardia e da atenuação foram contempladas neste estudo, tendo em vista que, seus constructos teóricos e metodológicos convergem com a metodologia adotada (Engenharia Didática Clássica) e também com o processo de aprendizagem pela perspectiva da Neurociência Cognitiva, especificamente, a atenção seletiva.



# EXPERIMENTAÇÃO

---



### 3 – Experimentação

Esta seção trata-se da terceira fase da Engenharia Didática Clássica que corresponde ao processo de execução da Sequência Didática, bem como, o controle das variáveis definidas na seção anterior. Para Almouloud e Silva (2012) esta etapa:

“consiste na aplicação da sequência didática, tendo como pressupostos apresentar os objetivos e condições da realização da pesquisa, estabelecer o contrato didático e registrar as observações feitas durante a experimentação (ALMOULOUD; SILVA, 2012, p. 27).

Nessa etapa ocorrem diversos registros, sendo eles: escritos, fotográficos e audiovisuais acerca dos momentos vivenciados para posterior análise. Além disso torna-se válido destacar que algumas intervenções ocorreram no início do turno (1ª aula da tarde) e outras próximo aos horários do intervalo e de saída dos estudantes, corroborando para algumas situações de falta de compromisso durante a execução de tarefas, por parte da minoria dos discentes. Desse modo, cabe salientar também que serão destacados os resultados gerados a partir das sessões de aprendizagem I, II e III.

Partindo dessa perspectiva, os dados coletados no pré e pós-teste (TE1 – Apêndice C) serão sintetizados por meio da utilização da técnica estatística descritiva, ou seja, trata-se de um conjunto de técnicas que tem como finalidade a organização, a descrição, a análise e interpretação de informações provenientes de estudos ou experimentos (REIS, 1998). Com efeito, para a interpretação e análise dos dados, o pesquisador recorrerá as seguintes medidas: média, moda, mediana, amplitude e o desvio padrão a partir do aplicativo *Microsoft Office Excel 2019*. Para tanto, torna-se válido salientar que informações referentes ao TE1 e os demais instrumentos de coleta de dados serão destacadas de maneira recortada no decorrer da seção de modo a priorizar aqueles pertinentes aos objetivos da pesquisa.

#### 3.1 – Experimentação sessão I

O presente estudo contou com a participação de vinte estudantes, sendo oito integrantes da turma do 2º ano 1 e doze referentes a turma do 2º ano 2. Cabe salientar que os respectivos grupos são identificados, para fins desta pesquisa, como grupo controle (GC) do 2º ano 1 e grupo intervenção (GI) do 2º ano 2<sup>31</sup>. Inicialmente, os estudantes foram convidados a resolver o TE1<sup>32</sup>, com duração estipulada de 30 min.,

---

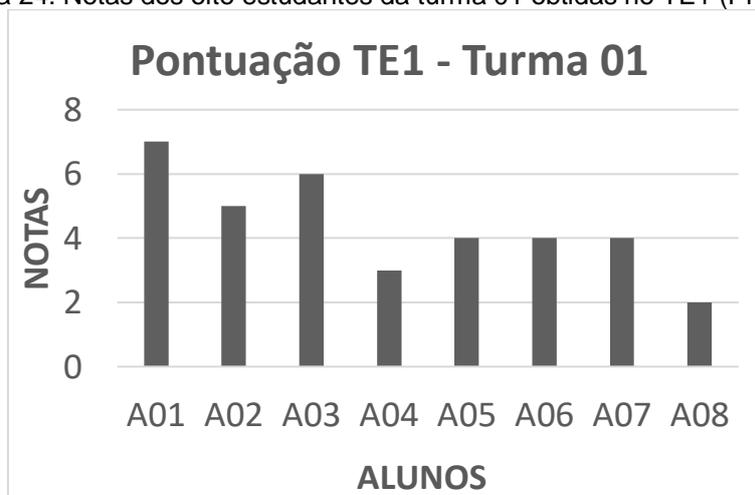
<sup>31</sup> Os estudantes do (GI) foram submetidos a realização de um teste de atenção (ANEXO I), a saber o Teste de Atenção Seletiva (TAS), antes e após a intervenção com o intuito de verificar se houve resultados acerca da melhoria da atenção pós mediação da sequência didática.

<sup>32</sup> Para fins desta pesquisa, torna-se válido ressaltar que somente o TE1 foi aplicado tanto no grupo controle quanto no grupo intervenção para que a partir dos resultados obtidos fosse realizada uma análise minuciosa do nível de conhecimento acerca do conteúdo Funções

cujo objetivo consistiu em avaliar os conhecimentos prévios dos discentes relativos às Funções Orgânicas. Para o teste em tela foi atribuído o valor de 1,5 pontos referente as questões 1 e 2, tendo em vista o nível de dificuldade de resolução de cada uma, já as demais questões receberam pontuações igual a 2,0 pontos, considerando que estas apresentam um maior nível de dificuldade, totalizando 10,0 pontos a somatória de todas as questões do TE1.

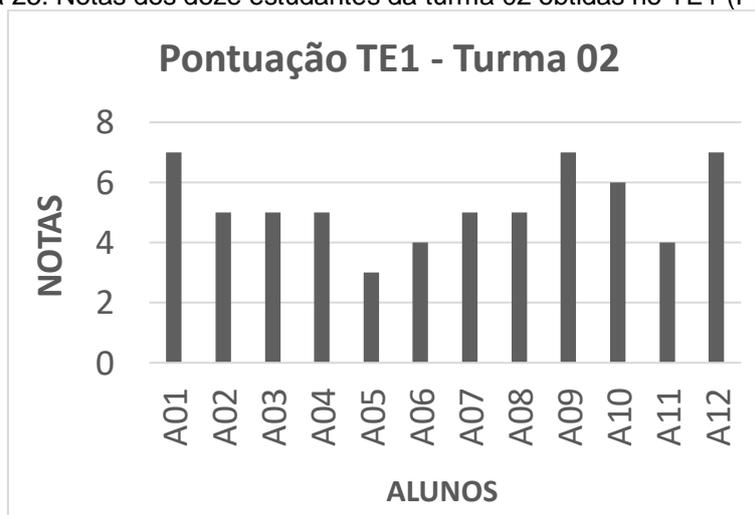
As Figuras 24 e 25 apresentam de forma detalhada os resultados do TE1 obtidos pelos respectivos estudantes, considerando a margem potencial de 0,0 a 10,0.

Figura 24: Notas dos oito estudantes da turma 01 obtidas no TE1 (Pré-teste)



Fonte: A pesquisa (2021)

Figura 25: Notas dos doze estudantes da turma 02 obtidas no TE1 (Pré-teste)



Fonte: A pesquisa (2021)

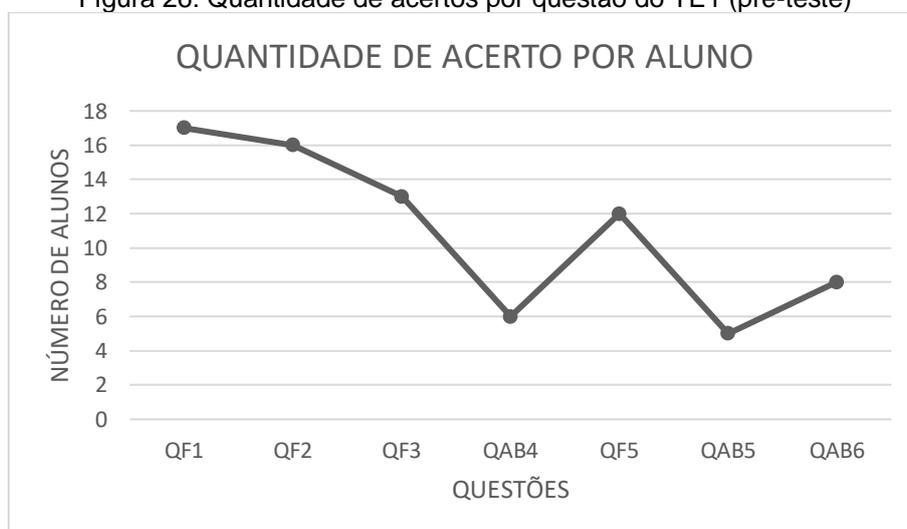
Orgânicas em ambas as turmas. Por outro lado, as demais etapas da sequência didática proposta foi trabalhada apenas com o grupo intervenção.

Com base nos dados expostos anteriormente é possível observar que a nota média dos estudantes da turma 01, obtida no pré-teste foi de 4,5 com desvio de  $\pm 2,5$ . A moda e a mediana foram 4,0. O valor mínimo foi de 2,0 e o máximo foi de 7,0, resultando dessa forma numa amplitude equivalente a 4,0.

Já os dados do pré-teste referentes aos estudantes da turma 02 pode-se observar que a nota média correspondeu a 5,2 com desvio de  $\pm 1,8$ . A moda e a mediana foram 5,0. O valor mínimo foi de 3,0 e o máximo foi de 7,0, resultando dessa forma numa amplitude equivalente a 5,0.

Com efeito, a Figura 26 destaca a quantidade de acertos por questão.

Figura 26: Quantidade de acertos por questão do TE1 (pré-teste)



Fonte: A pesquisa (2021)

Com base na Figura 26, anteriormente apresentada é possível notar que do total de participantes da pesquisa mais de 60% acertaram as questões fechadas. Desse total, 13 alunos, cerca de 85% acertaram a (QF1<sup>33</sup>) que tinha como objetivo verificar o domínio do discente quanto a conceituação da química orgânica. Com relação a (QF2) que apresentou como objetivo identificar a importância da química orgânica no cotidiano do discente, 16 estudantes, aproximadamente 80%, tiveram êxito na resposta. Quanto as questões (QF3) e (QF5), estavam diretamente relacionadas ao conteúdo Funções Orgânicas, pode-se perceber que houve um decréscimo no número de acertos, correspondendo a 13 e 12 alunos que acertaram as respectivas tarefas.

Com relação as questões abertas (QAB4, QAB5 e QAB6), que requisitou conhecimentos referente a classificação e aplicação das Funções Orgânicas no

<sup>33</sup> Para fins desta pesquisa considerar as descrições QF para as questões fechadas e QAB para as questões abertas.

cotidiano, pode-se verificar que o quantitativo de acertos foi menor do que as questões fechadas, ou seja, houve, nessas três tarefas, um menor desempenho dos discentes na resolução do TE1.

A Figura 27 destaca os excertos 1 e 2 das respostas corretas acerca das questões QF1 e QF2 dos discentes A01 e A03 do grupo controle, respectivamente. Enquanto a Figura 28 ilustra os excertos 3 e 4 dos estudantes A09 e A12 do grupo intervenção.

Figura 27: Excertos 1 e 2 das questões QF1 e QF2 dos alunos A01 e A03 do grupo controle.

<p>1 - O que você entende por química orgânica?</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição do carbono.</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.</p> <p>( X ) Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.</p>	<p>1 - O que você entende por química orgânica?</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição do carbono.</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.</p> <p>( X ) Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.</p>
<p>2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?</p> <p>( ) Entender como os compostos orgânicos são constituídos.</p> <p>( X ) Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.</p>	<p>2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?</p> <p>( ) Entender como os compostos orgânicos são constituídos.</p> <p>( X ) Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.</p>

Fonte: A pesquisa (2021)

Figura 28: Excertos 3 e 4 das questões QF1 e QF2 dos alunos A09 e A12 do grupo intervenção.

<p>1 - O que você entende por química orgânica?</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição do carbono.</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.</p> <p>( X ) Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.</p>	<p>1 - O que você entende por química orgânica?</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição do carbono.</p> <p>( ) Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.</p> <p>( X ) Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.</p>
<p>2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?</p> <p>( ) Entender como os compostos orgânicos são constituídos.</p> <p>( X ) Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.</p>	<p>2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?</p> <p>( ) Entender como os compostos orgânicos são constituídos.</p> <p>( X ) Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.</p>

Fonte: A pesquisa (2021)

Por outro lado, os excertos 5 e 6 (Figura 29) mostram os erros cometidos pelos estudantes A05 (GC) e A07 do (GI), no momento da resolução das questões QF1 e QF2.

Figura 29: Excertos 5 e 6 dos erros cometidos pelos discentes A05 (GC) e A07 (GI) referente as questões QF1 e QF2.

<p><b>1 - O que você entende por química orgânica?</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Área da Química que estuda a composição do carbono.</p> <p><input type="checkbox"/> Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.</p> <p><input type="checkbox"/> Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.</p>	<p><b>1 - O que você entende por química orgânica?</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Área da Química que estuda a composição do carbono.</p> <p><input type="checkbox"/> Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.</p> <p><input type="checkbox"/> Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.</p>
<p><b>2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Entender como os compostos orgânicos são constituídos.</p> <p><input type="checkbox"/> Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.</p>	<p><b>2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Entender como os compostos orgânicos são constituídos.</p> <p><input type="checkbox"/> Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.</p>

Fonte: A pesquisa (2021)

Considerando o exposto na Figura 29, a partir das escolhas realizadas pelos discentes A05 (GC) e A07 (GI), para solucionar as questões QF1 e QF2 é possível notar que a escolha adotada para resolver a primeira questão ocorreu a partir de um conceito generalizado no que tange a área da química orgânica, tendo em vista que, todos os compostos pertencentes as Funções Orgânicas possuem como componente basilar o átomo de carbono na sua estrutura (PATIÑO GUÍO, 2013).

O excerto 7 (Figura 30) mostra um exemplo de definição correta das Funções Orgânicas da questão QF3, dos alunos A04 (GC) e A10 (GI), respectivamente. Já o excerto 8 (Figura 31) dos estudantes A02 (GC) e A08 (GI), também referente a tarefa supracitada, revela um erro comum quanto a distinção dos diferentes grupos funcionais.

Figura 30: Excertos 7 dos acertos dos alunos A04 (GC) e A10 (GI) referente a questão QF3.

<p><b>3 – Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?</b></p> <p>( ) São grupos de compostos orgânicos que possuem propriedades químicas diferentes, devido a presença de átomos distintos em sua estrutura.</p>	<p><b>3 – Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?</b></p> <p>( ) São grupos de compostos orgânicos que possuem propriedades químicas diferentes, devido a presença de átomos distintos em sua estrutura.</p>
<p>(X) São grupos de substâncias com propriedades químicas semelhantes, compostos por cadeias carbônicas e grupos funcionais específicos.</p>	<p>(X) São grupos de substâncias com propriedades químicas semelhantes, compostos por cadeias carbônicas e grupos funcionais específicos.</p>

Fonte: A pesquisa (2021)

Figura 31: Excertos 8 dos erros dos alunos A02 (GC) e A08 (GI) referente a questão QF3.

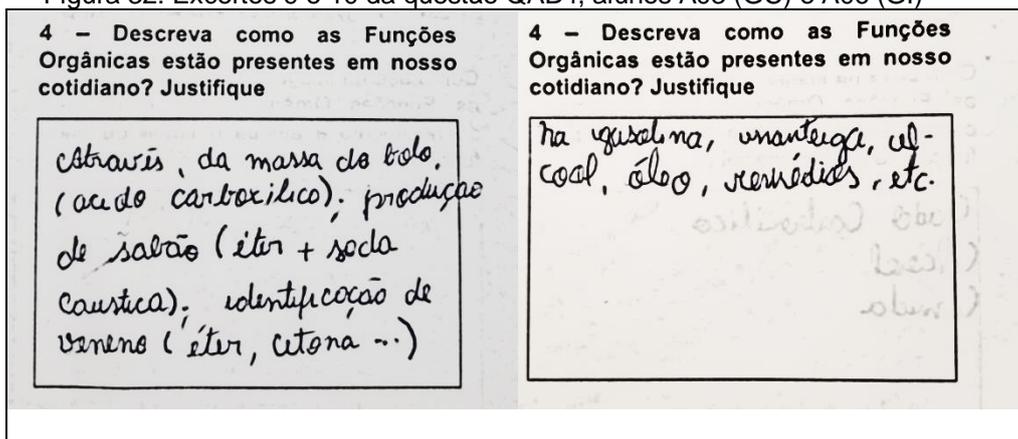
<p><b>3 – Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?</b></p> <p>(X) São grupos de compostos orgânicos que possuem propriedades químicas diferentes, devido a presença de átomos distintos em sua estrutura.</p>	<p><b>3 – Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?</b></p> <p>(X) São grupos de compostos orgânicos que possuem propriedades químicas diferentes, devido a presença de átomos distintos em sua estrutura.</p>
<p>( ) São grupos de substâncias com propriedades químicas semelhantes, compostos por cadeias carbônicas e grupos funcionais específicos.</p>	<p>( ) São grupos de substâncias com propriedades químicas semelhantes, compostos por cadeias carbônicas e grupos funcionais específicos.</p>

Fonte: A pesquisa (2021)

Com relação ao erro cometido pelos discentes destacados pode-se notar que houve uma confusão conceitual, visto que, apesar de existirem diversas Funções Orgânicas, suas propriedades são semelhantes diferindo-se dos seus respectivos grupos funcionais.

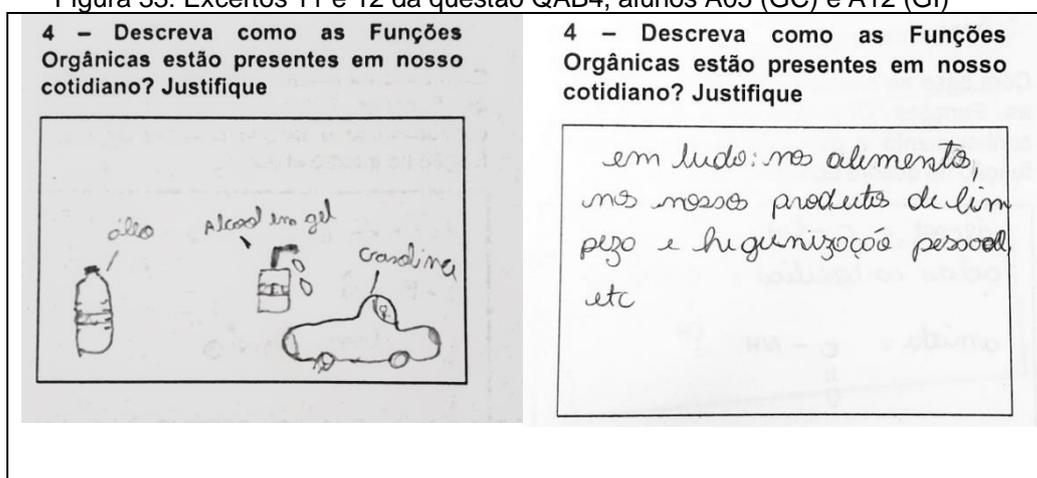
Os excertos 9 e 10 (Figura 32) representa os seis acertos referente a questão QAB4, dos discentes A03 (GC) e A06 (GI). Cabe salientar que alguns discentes responderam a tarefa supracitada de maneira breve, entretanto as respostas encontravam-se próximas a noção esperada. Por outro lado, a resolução da questão em tela dos estudantes A05 (GC) e A12 (GI), respectivamente, excerto 11 e 12 (Figura 33), apesar de responderem de forma correta, não atendeu ao esperado pela pesquisa.

Figura 32: Excertos 9 e 10 da questão QAB4, alunos A03 (GC) e A06 (GI)



Fonte: A pesquisa (2021)

Figura 33: Excertos 11 e 12 da questão QAB4, alunos A05 (GC) e A12 (GI)



Fonte: A pesquisa (2021)

Os excertos 13 e 14 (Figura 34) destacam os acertos dos discentes quanto as questões QF5, QAB5 e QAB6, que tinham como objetivo o reconhecimento de alguns grupos funcionais, como: ácido carboxílico, amida, fenol, entre outros.

Figura 34: Excertos 13 e 14 das questões QF5, QAB5 e QAB6, alunos A01 (GC) e A05 (GI)

5 - Qual(is) da(s) estrutura(s) química(s) abaixo apresenta a função ácido carboxílico? Justifique.

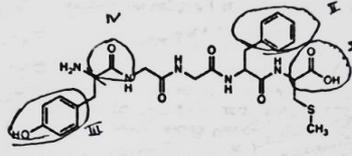
CCCC(=O)O ( X )

CCCC(=O)O ( )

CCCC(=O)O ( )

todos ácidos carboxílicos  
tem um carbono ligado a  
um oxigênio por uma  
dupla ligação e também  
a uma hidroxila.

6 - A molécula ilustrada abaixo é um tipo de endorfina, um dos neurotransmissores produzidos pelo cérebro.



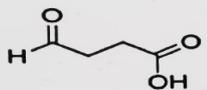
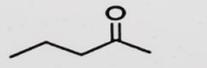
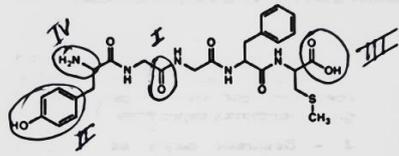
Com base na imagem, circule na molécula, as Funções Orgânicas que é de seu conhecimento e atribua o nome de cada função no quadro abaixo.

I. ácido carboxílico
II. Anel Benzênico
III. fenol
IV. Amida

Fonte: A pesquisa (2021)

Por fim, os excertos 15 e 16 (Figura 35) representam a maioria dos erros cometidos pelos discentes no momento da resolução das questões QF5, QAB5 e QAB6. Dentre eles pode-se destacar: confundir a função álcool com ácido carboxílico e não conseguir justificar a formação estrutural dessa função nas questões QF5 e QAB5. Já na tarefa QAB6, devido a semelhança estrutural e a presença dos átomos de nitrogênio, oxigênio em funções semelhantes como: amina e amida, álcool e ácido carboxílico, os discentes confundiram as respectivas funções. Onde deveria ler-se amida, alguns deles demarcaram a função como sendo amina. Já a função fenol foi confundida com álcool. Neste momento, pôde-se perceber que a maioria dos alunos possuíam dificuldades no processo de identificação dos diferentes grupos funcionais dos compostos orgânicos.

Figura 35: Excertos 15 e 16 das questões QF5, QAB5 e QAB6, alunos A07 (GC) e A11 (GI)

<p>5 - Qual(is) da(s) estrutura(s) química(s) abaixo apresenta a função ácido carboxílico? Justifique.</p> <p> ( )</p> <p> (X)</p> <p> ( )</p> <p><i>A presença do grupo OH caracteriza a função ácido carboxílico.</i></p>	<p>6 - A molécula ilustrada abaixo é um tipo de endorfina, um dos neurotransmissores produzidos pelo cérebro.</p> <p></p> <p>Com base na imagem, circule na molécula, as Funções Orgânicas que é de seu conhecimento e atribua o nome de cada função no quadro abaixo.</p> <table border="1" data-bbox="845 582 1228 761"> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Cetona</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>Alcool</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Ac. carboxílico</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Amina</td> </tr> </tbody> </table>	I	Cetona	II	Alcool	III	Ac. carboxílico	IV	Amina
I	Cetona								
II	Alcool								
III	Ac. carboxílico								
IV	Amina								

Fonte: A pesquisa (2021)

Após a finalização do TE1 foi realizada a aplicação do teste de reconhecimento dos grupos funcionais das Funções Orgânicas (TE2 – Apêndice D), cujo objetivo foi investigar o desempenho dos estudantes em atividades de reconhecimento dos grupos funcionais referentes às Funções Orgânicas. A fim de orientar os alunos quanto a realização do referido teste, foi ilustrado dois exemplos no Datashow e posteriormente questionou-se aos estudantes se existia alguma dúvida de como proceder com a realização do teste. Além disso, foi explicado que as fórmulas estruturais poderiam apresentar mais de uma Função Orgânica.

Desse modo, foi solicitado que os participantes se organizassem em 04 (seis) grupos. Posteriormente, foi distribuído, de forma aleatória, em cada grupo duas moléculas<sup>34</sup>, com a respectiva nomenclatura do composto, constituintes do TE2. Para tanto, torna-se válido ressaltar que foram disponibilizadas amostras de algumas moléculas dos respectivos compostos orgânicos (Figura 36), com o intuito de facilitar sua recordação nas sessões futuras e favorecer a associação dessas funções com o cotidiano dos discentes.

<sup>34</sup> As moléculas constituintes do TE2 foi selecionada pelo pesquisador com base nos seguintes critérios: a existência de um ou mais grupos funcionais na fórmula estrutural do composto orgânico e a presença da substância no cotidiano do aluno. Para tanto, foram selecionadas substâncias como: a cafeína, dipirona, a propanona, o butano (gás de cozinha), entre outros, de modo, a familiarizar os discentes com o conteúdo em tela.

Figura 36: Amostras das moléculas dos compostos orgânicos distribuídas nos respectivos grupos



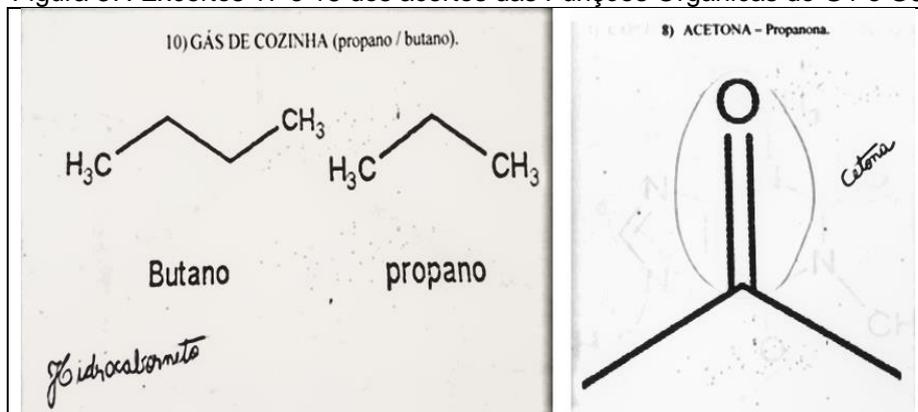
Fonte: A pesquisa (2021)

Após a organização das amostras das substâncias, o professor informou a turma que iria realizar a leitura dos fatos históricos e características das respectivas moléculas em tela para que os discentes pudessem associá-las de acordo com as informações apresentadas. Os dados referentes as moléculas da cafeína, detergente e a acetona foram associados pelos estudantes (A1, A3, A5, A7, A12) instantaneamente após a leitura.

Entretanto, cabe salientar que nesta etapa, houve inúmeras dúvidas devido a dificuldade de percepção dos discentes, visto que os fatos e características disponíveis estavam relacionados ao composto de modo geral e não somente com a substância destacada. Por exemplo, alguns fatos associados a cafeína como presença nos grãos de café, em folhas de chá, na semente do fruto do cacauero eram facilmente detectadas. Por outro lado, características como prevenção do Alzheimer e outras doenças, como diabetes tipo 2, depressão em mulheres e Parkinson, não eram identificadas pelo fato dos alunos não conseguirem associar a substância aos benefícios, sendo necessária a intervenção do professor para dar continuidade a realização da tarefa.

Em seguida, foi solicitado aos discentes que realizassem a identificação das Funções Orgânicas presente nas fórmulas estruturais ao qual tinham posse. Com efeito, a Figura 37 destaca os excertos 17 e 18 dos acertos dos grupos 1 e 3. (G1 e G3).

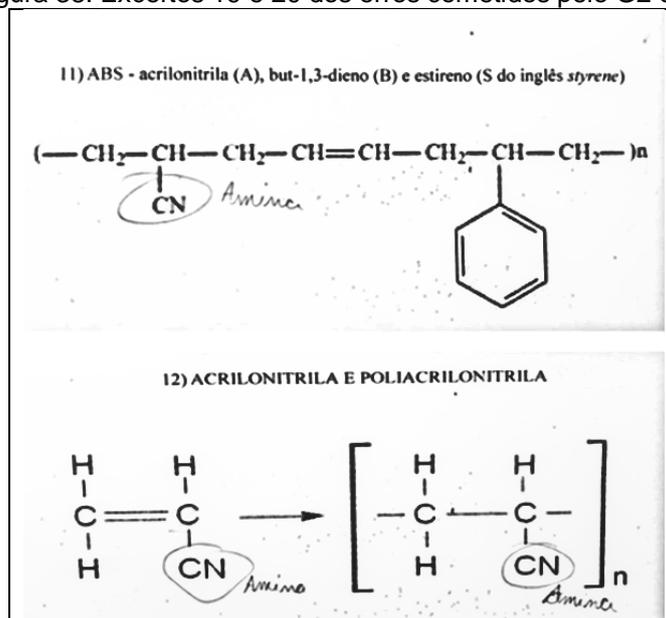
Figura 37: Excertos 17 e 18 dos acertos das Funções Orgânicas do G1 e G3



Fonte: A pesquisa (2021)

Por outro lado, os excertos 19 e 20 (Figura 38) revelam os erros cometidos pelos discentes do G2 e G4, no momento da identificação dos grupos funcionais, trocando a função nitrila pela amina.

Figura 38: Excertos 19 e 20 dos erros cometidos pelo G2 e G4

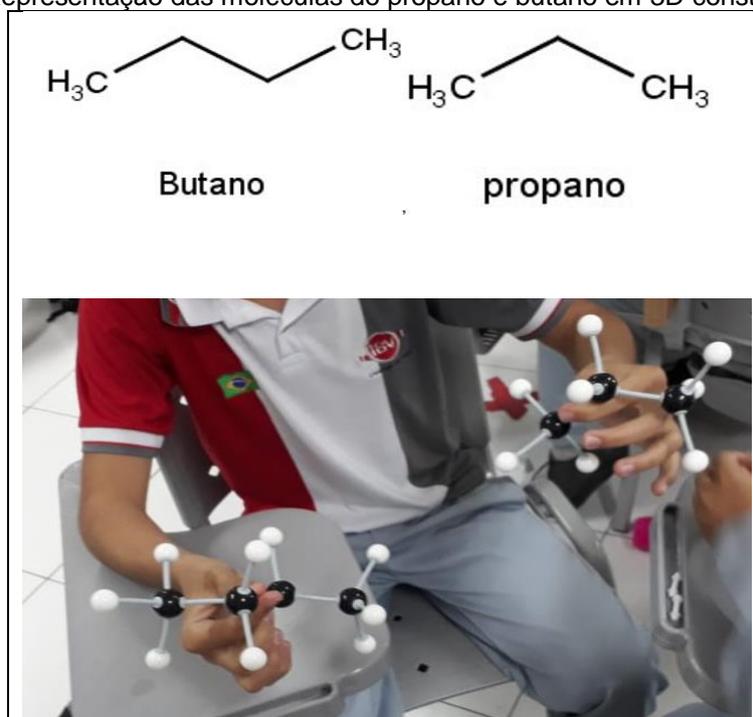


Fonte: A pesquisa (2021)

Posteriormente, ainda sob posse das moléculas, foi entregue um Kit molecular para cada grupo, no qual é constituído por peças circulares (com cores distintas, para representar os átomos de carbono, hidrogênio, nitrogênio, entre outros) e retílineas (representando as ligações de cada átomo) de polietileno que tem como finalidade representar fórmulas estruturais em 3D. Para tanto, foi explicado aos participantes as cores que representavam os respectivos átomos e solicitado que reproduzissem as

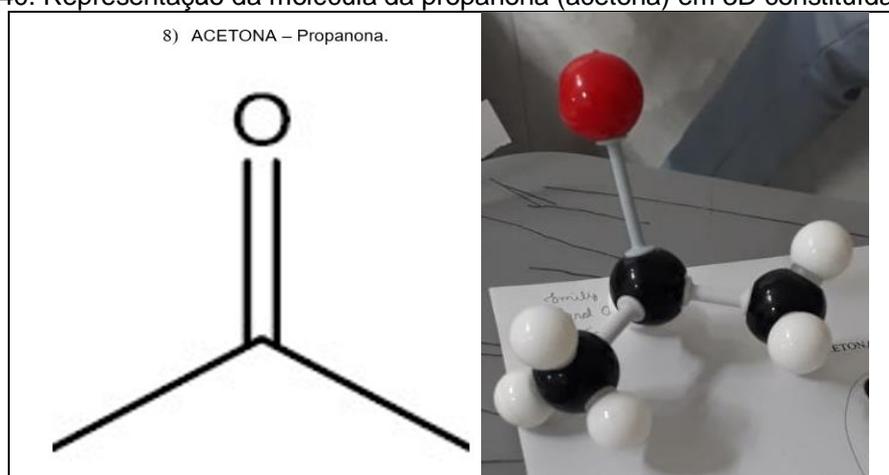
moléculas, montando a estrutura 3D através do Kit molecular disponível. As Figuras 39, 40 e 41 destacam os resultados de alguns dos grupos.

Figura 39: Representação das moléculas do propano e butano em 3D constituída pelo G1



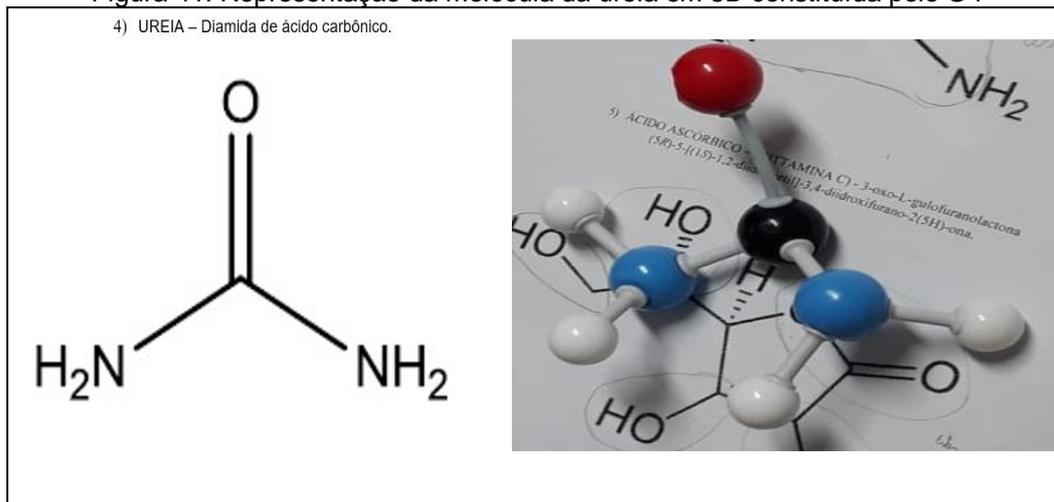
Fonte: O autor (2021)

Figura 40: Representação da molécula da propanona (acetona) em 3D constituída pelo G3



Fonte: O autor (2021)

Figura 41: Representação da molécula da ureia em 3D constituída pelo G4



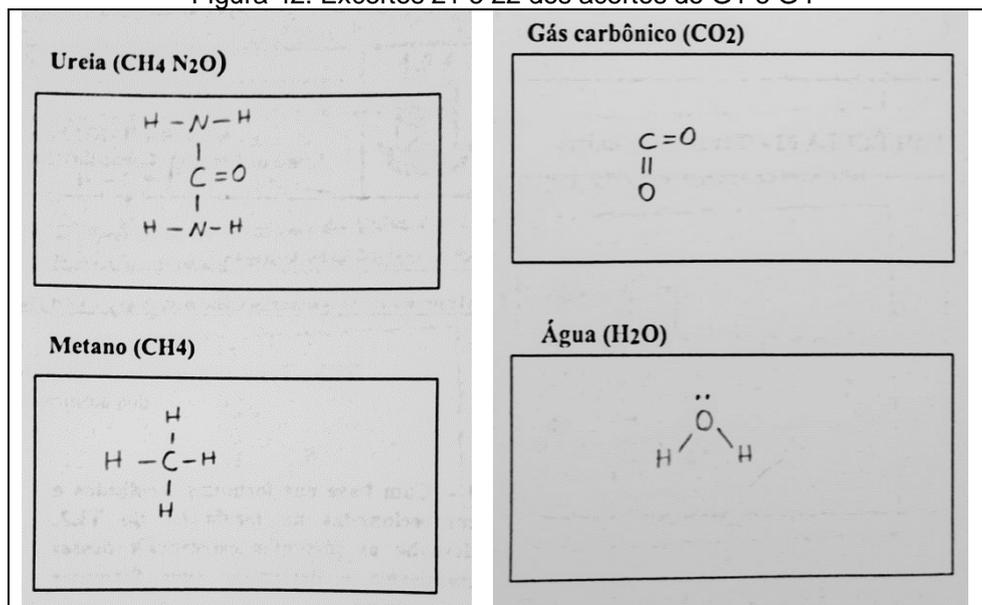
Fonte: O autor (2021)

Os resultados das fórmulas estruturais do propano e butano (Figura 39) demonstram que os alunos do G1 buscaram reproduzir a estrutura molecular em três dimensões, destacando, inclusive, as ligações químicas estabelecidas entre cada átomo. Cabe salientar que o referido grupo questionou se representação das ligações químicas de maneira separada influenciaria na organização estrutural da mesma.

Por outro lado, nota-se que os grupos G3 e G4, assim como os demais não adotaram os mesmos critérios do G1 para representar as fórmulas moleculares da propanona e da ureia, visto que, no desenho disponibilizado com a imagem da molécula em 2D é possível verificar a existência da ligação dupla entre os átomos de carbono e oxigênio. Entretanto, no momento da representação em 3D, ambos os grupos acrescentaram apenas uma ligação entre os referidos átomos, gerando uma incongruência nas ligações químicas das moléculas.

Para tanto, com o intuito de investigar melhor sobre a percepção dos discentes acerca das possíveis incongruências nas ligações químicas dos compostos, foi aplicado o TE3 (Apêndice E) que permitiu avaliar se os estudantes consideraram os átomos de carbono e hidrogênio ocultos ao longo da cadeia carbônicas (considerando a fórmula de linha) das moléculas disponibilizadas no TE2, além de verificar os conhecimentos sobre as ligações covalentes, formada especificamente pelos átomos de C, N, O e H. Com efeito, os grupos G1 e G4 responderam ao TE3 desenhando de forma correta as ligações pertinentes aos átomos supracitados. A Figura 42 destaca os excertos 21 e 22, dos acertos dos grupos G1 e G4.

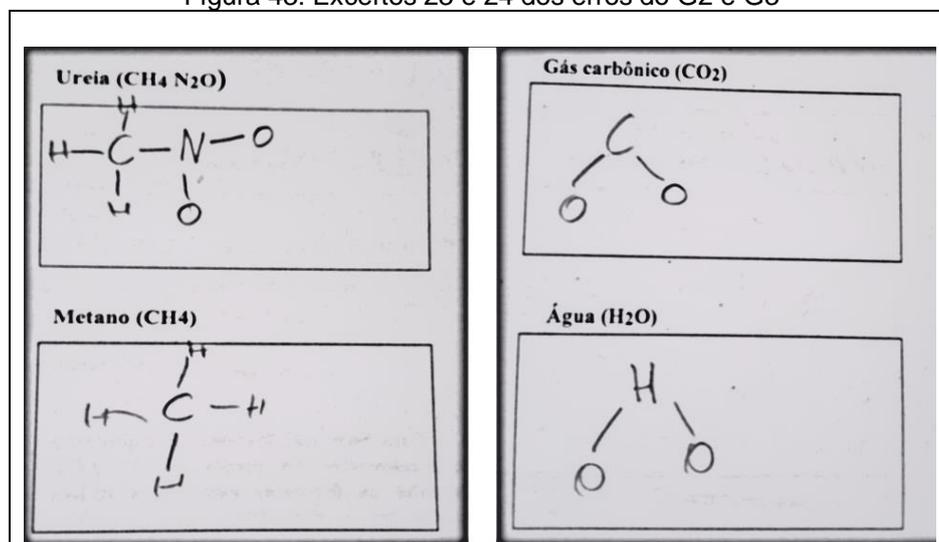
Figura 42: Excertos 21 e 22 dos acertos do G1 e G4



Fonte: O autor (2021)

Já os grupos G2 e G3 apresentaram incongruências nas ligações químicas das fórmulas estruturais. Dentre elas, pode-se destacar a ausência de átomos de hidrogênio na estrutura, átomos com a valência (ligações) incorretas, entre outras. A Figura 43 revela os excertos 23 e 24, dos erros cometidos pelos alunos dos respectivos grupos.

Figura 43: Excertos 23 e 24 dos erros do G2 e G3



Fonte: O autor (2021)

Após a aplicação do TE3, a sessão foi finalizada e foi entregue aos discentes, para ser realizado em casa, duas atividades de reconhecimento dos grupos funcionais (ARGF 01 e ARGF 02, Apêndice G), com o objetivo de estimular a prática de exercícios sobre a identificação das Funções Orgânicas, conforme descrição ilustrada no Quadro

7. Cabe salientar que essas atividades foram entregues ao pesquisador no dia de aplicação da segunda sessão. Conforme previsto, todos os participantes resolveram as tarefas propostas. A sessão durou aproximadamente 2h.

### 3.2 – Experimentação sessão II

O segundo encontro teve como objetivo estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias, referente ao primeiro encontro sobre os tipos de ligações que os átomos de C, N, O e H fazem e como estes átomos estão disponíveis em cada grupo funcional e revisar as ligações químicas e Funções Orgânicas (hidrocarbonetos, oxigenadas, nitrogenadas e casos específicos) com o auxílio de um jogo didático desenvolvido para esta finalidade. Esta etapa teve início com a explicação das regras necessárias para que os discentes desenvolvessem de maneira satisfatória as tarefas propostas pelo guia de atividades (GAT01, Apêndice H).

Inicialmente o professor questionou aos discentes se os mesmos se recordavam das moléculas estudadas e dos momentos vivenciados na sessão I. Quatro alunos destacaram a experiência dos fatos históricos e características das moléculas (A1, A4, A6 e A9), três relataram a experiência de construir as moléculas com o auxílio do Kit molecular (A3, A4 e A12), e três alunos destacaram a experiência de visualizar e manusear as amostras das moléculas estudadas (A2, A5 e A9).

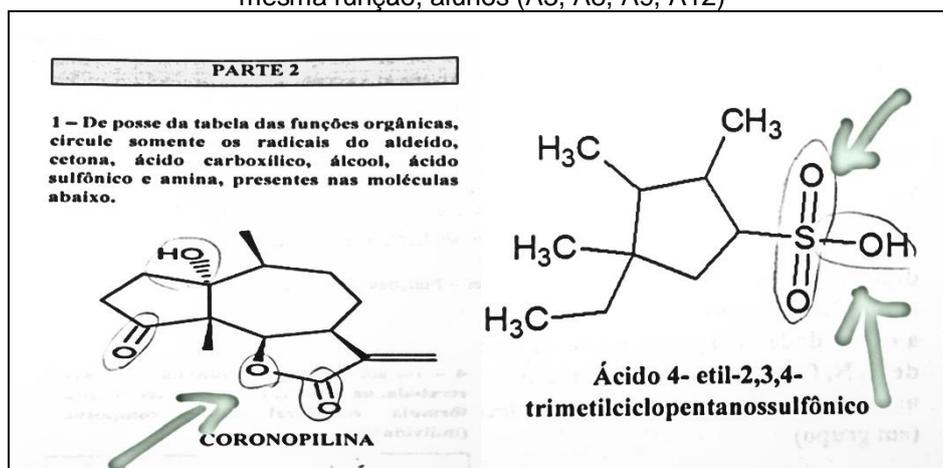
As tarefas 01, 02, 03 e 04 da parte 1 do roteiro foram resolvidas de forma individual e solicitou aos estudantes a identificação das Funções Orgânicas presentes nas duas moléculas do TE2 disponibilizadas em cada grupo, na sessão I. Além disso, as tarefas em tela pediu também para que fossem apresentadas as fórmulas estruturais dos compostos supracitados, bem como a identificação do alimento ou fármaco pertencente, presente no cotidiano. Com efeito, aproximadamente 66% dos estudantes fizeram o reconhecimento do grupo funcional a partir de algumas características dos compostos: “acetona, utilizado na remoção de esmalte” (A3), “detergente, utilizado para lavar louças” (A6), “acrilonitrila, confecção de materiais de plástico” (A9), “cafeína, substância presente no café” (A1), “butano, gás de cozinha, utilizado no cozimento dos alimentos” (A10). Já as tarefas 05 e 06 consistiu em construir e posteriormente comparar a estrutura molecular desenhada na tarefa 04. Cabe salientar que seis estudantes (A1, A3, A5, A7, A8 e A12) identificaram inconsistências entre o desenho e a estrutura montada com o auxílio do Kit.

Partindo desse entendimento, a tarefa 6 do GAT01, solicitou, após a comparação dos respectivos modelos (a estrutura desenhada em 2D e a molécula construída através do kit molecular), a correção do composto físico e conforme orientação os alunos A1,

A3, A5, A7, A8 e A12 adicionaram os átomos de carbonos e hidrogênios que faltavam na fórmula estrutural. Por outro lado, os discentes A2 e A6, diferentemente dos demais, não demonstraram domínio na resolução do problema deixando-a sem atingir o objetivo proposto.

A parte 2 do guia de atividade teve como objetivo revisar os grupos funcionais presentes em diferentes estruturas moleculares, bem como, desenvolver nos alunos a habilidade de nomear um composto orgânico a partir da sua respectiva função. Desse modo, na tarefa 01 foi solicitado aos estudantes que destacassem as Funções Orgânicas presentes nas moléculas da coronopilina, serotonina, aspartame, glicose e do ácido 4-etil-2,3,4-trimetilciclopentanosulfônico. De acordo com os registros dessa atividade, aproximadamente 58% dos estudantes cometeram algum erro no momento da resolução. As Figuras 44 e 45 ilustram os erros<sup>35</sup> cometidos pelos alunos após a execução da tarefa.

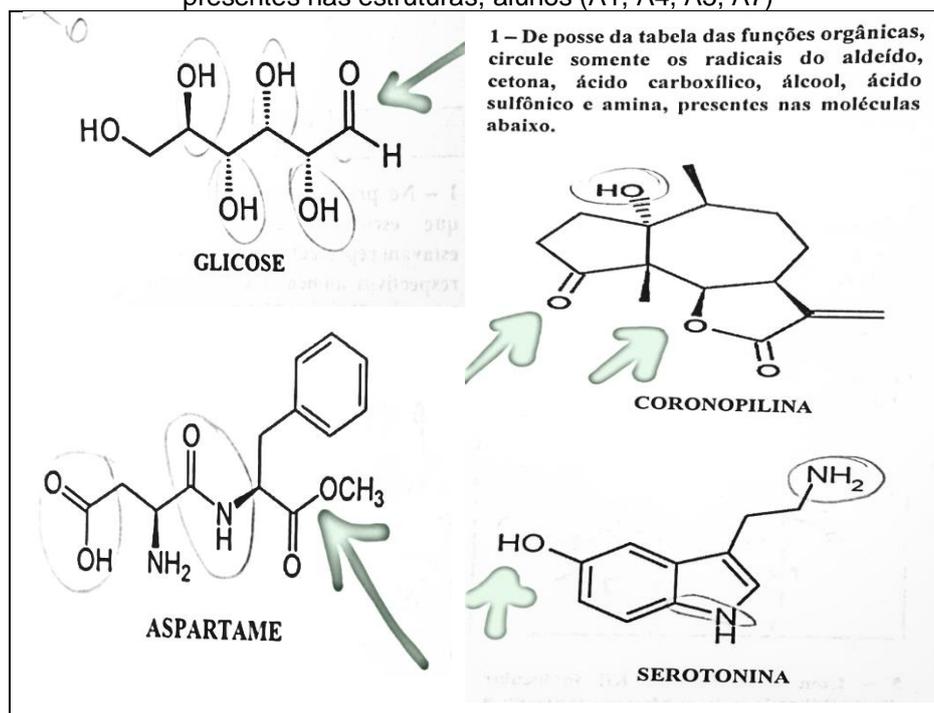
Figura 44: Erro cometido pelos alunos na demarcação de mais de um grupo funcional na mesma função, alunos (A3, A8, A9, A12)



Fonte: A pesquisa (2021)

<sup>35</sup> Dentre os erros presentes nas Figuras 44 e 45 é possível destacar: os discentes não se recordaram de algumas funções não destacando-as nas estruturas. Demarcaram uma única função como sendo mais de uma (caso ocorrido nas moléculas da coronopilina e ácido 4-etil-2,3,4-trimetilciclopentanossulfônico).

Figura 45: Erro cometido pelos alunos ao não destacarem os respectivos grupos funcionais presentes nas estruturas, alunos (A1, A4, A5, A7)



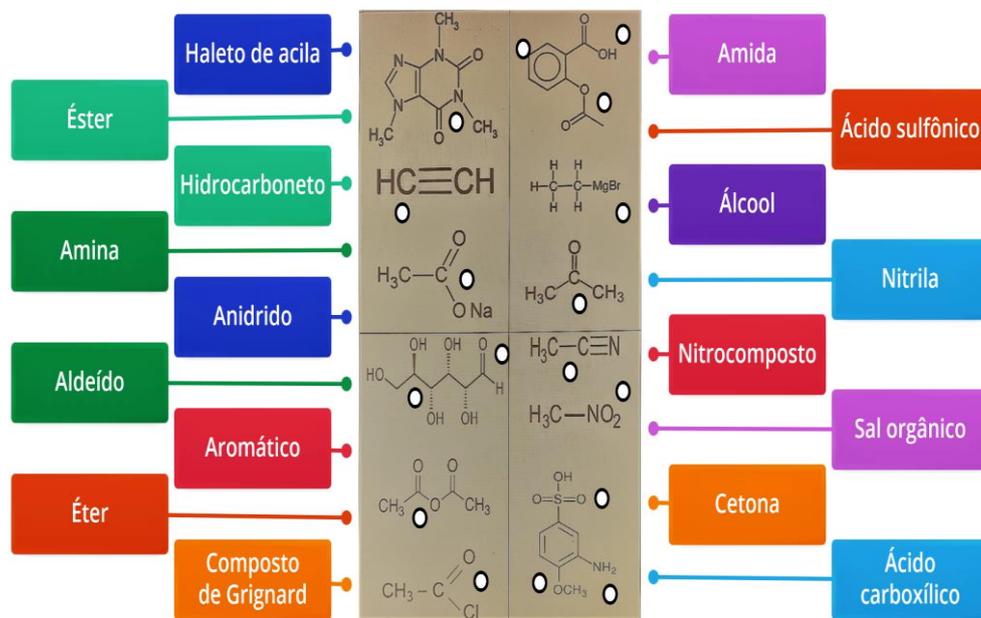
Fonte: A pesquisa (2021)

Conforme observado nas Figuras 44 e 45, nota-se que uma das principais dificuldades para resolver as tarefas propostas consiste em distinguir as Funções Orgânicas, ou seja, no processo de identificação dos diferentes grupos funcionais. Para tanto, o registro do estudante A4 salienta que o erro por ele cometido, está diretamente relacionado a esta afirmativa, visto que, na tarefa 2 da parte 2 do guia de atividade, onde a questão solicitava do discente a nomenclatura dos compostos, o mesmo atribuiu a terminação da nomenclatura de uma função a outra. “é difícil lembrar o nome de todas as funções e suas estruturas, por isso a maioria comete erros” (A4).

A tarefa 3 (parte 2, GAT01) pediu que após o acessarem a plataforma *Wordwall*, os discentes resolvessem o problema solicitado. Entretanto, ante de iniciar a execução desta tarefa foi exposta aos participantes imagens alvo (Apêndice I), com o intuito de estimular a percepção e atenção dos estudantes. Nesse sentido, com relação a primeira imagem-alvo foi questionado aos participantes quantos retângulos fechados era possível enxergar, os alunos A1, A3, A4, A5, A6 responderam corretamente à pergunta, já os demais tiveram dúvida. Quanto a segunda imagem-alvo foi questionado se era possível visualizar três cilindros e se os mesmos estavam parados ou em movimento, todos os estudantes seguiram a mesma linha de raciocínio. Já na terceira imagem-alvo questionou-se aos discentes se o tamanho dos quadrados pintados de preto eram iguais ou diferentes. Nessa situação 50% da turma confirmou ser igual e o restante afirmavam ser diferentes.

Nessa perspectiva, após a estimular a percepção e a atenção, o professor abriu a tela do jogo (Figura 46) no computador e projetou-a no quadro, através de um data-show, em seguida solicitou a turma que se organizassem em quatro grupos de três pessoas cada.

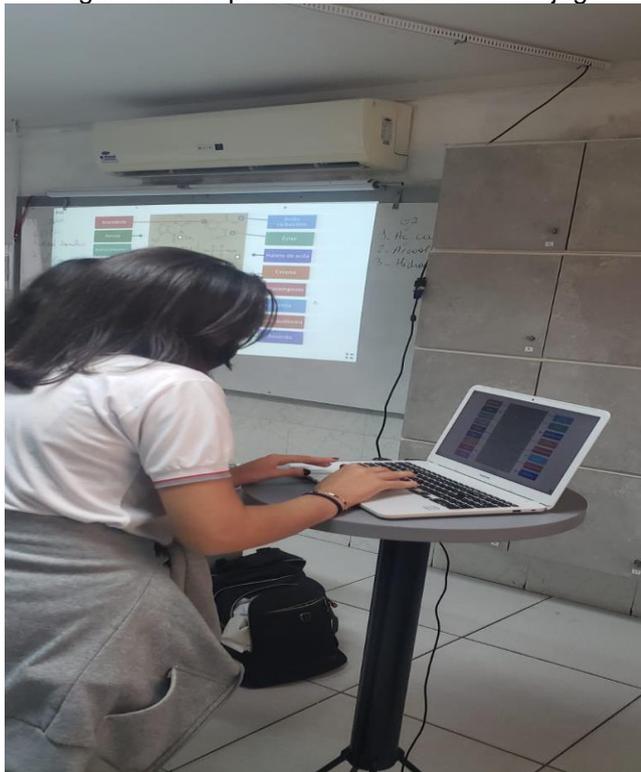
Figura 46: Tela inicial do jogo virtual na plataforma *Wordwall*



Fonte: O autor (2021)

Conforme ilustrado na figura anterior, o jogo é constituído por diversas moléculas que apresentam todos os grupos funcionais existentes. Cabe salientar que as regras do jogo foram explicadas aos participantes e posteriormente iniciou a resolução do mesmo. Para jogar o estudante deve selecionar a nomenclatura de alguma das funções e direcionar para a fórmula estrutural correspondente a Função Orgânica. Os participantes de cada grupo realizavam uma jogada por vez e em caso de acerto pontuavam. O grupo 1 (G1) deu início ao jogo conforme mostra a Figura 47.

Figura 47: Grupo 1 iniciando a rodada do jogo



Fonte: O autor (2021)

Durante a realização do jogo foi possível perceber que alguns alunos (A1, A4, A5, A6, A9 e A12) tiveram dificuldades de associar a Função Orgânica a sua fórmula estrutural, gerando erros no decorrer do jogo. Entretanto, notou-se também que os demais participantes conseguiram identificar as Funções Orgânicas considerando o radical (característica) de cada uma, como por exemplo a função aldeído que apresenta ao final da estrutura um carbono ligado a um hidrogênio e uma dupla ligação com oxigênio.

Ao final do jogo, o professor questionou se os alunos haviam gostado da maneira como foi pensada a atividade, o aluno A3 disse que “o jogo torna a aula mais divertida”, o estudante A7 respondeu que “apesar de existirem muitas funções, devido a atividade ter sido em grupo, a interação entre eles fez com que ele se recordasse de algumas características específicas de funções que ele havia esquecido”.

Nesse contexto, o Quadro 13, a seguir ilustra a quantidade de acertos dos respectivos grupos.

Quadro 13: Quantidade de acertos do jogo por grupo

<b>Grupos</b>	<b>Quantidade de acertos dos grupos funcionais</b>
G1	06
G2	06
G3	03
G4	02

Fonte: O autor (2021)

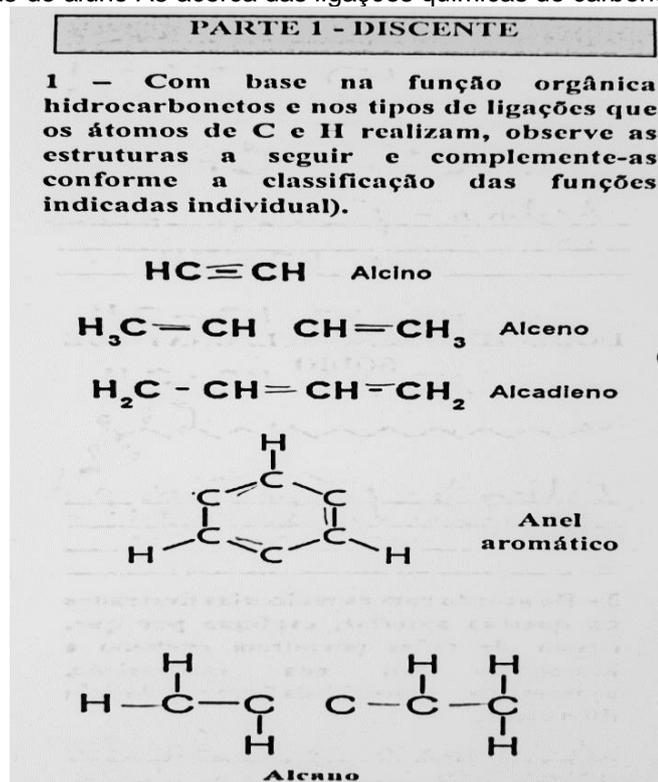
Após o encerramento do jogo, a sessão foi finalizada e todos os discentes receberam outra atividade (ARGF03, Apêndice G) para ser desenvolvida em casa, conforme orientações discriminadas no Quadro 10, com a finalidade de estimular a habilidade de reconhecimento dos grupos funcionais. A tarefa em tela foi devolvida ao professor no momento da realização da terceira sessão. Cabe ressaltar que todos os estudantes a resolveram e não houve questionamentos sobre a mesma. A sessão II teve um tempo de duração de aproximadamente 1h 30min.

### 3.3 – Experimentação sessão III

Inicialmente, os estudantes receberam um guia de atividades (GAT02, Apêndice H), posteriormente foi solicitado que os mesmos resolvessem a parte 1. A tarefa 1, teve como finalidade retomar os conceitos de ligações químicas, especificamente a quantidade de ligações que os átomos de carbono e hidrogênio realizam em um composto. Além disso, também foi objetivo desta atividade identificar os diferentes tipos de ligações covalentes presentes nas funções hidrocarbonetos, a saber: alceno, alceno, alcino, alcadieno entre outros.

Com base na tarefa proposta nota-se que os principais hidrocarbonetos, como alceno, alceno e alcino são memorizados mais facilmente do que os alcadienos e o anel aromático. A Figura 48, ilustra o excerto 25 dos principais erros cometidos pelos discentes.

Figura 48: Excerto 25 do aluno A5 acerca das ligações químicas do carbono e hidrogênio



Fonte: A pesquisa (2021)

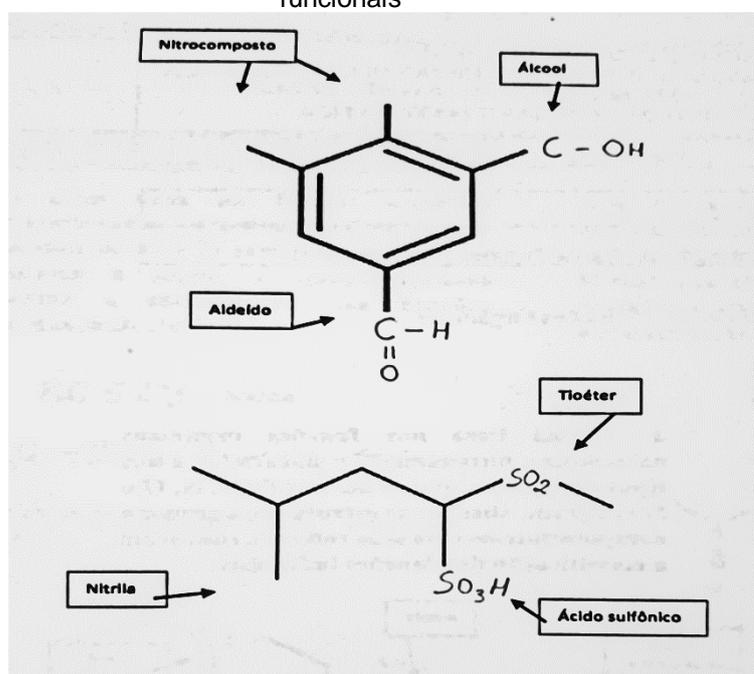
A ilustração apresenta de maneira correta as ligações do alcino, entretanto, nos demais compostos nota-se incongruências quanto as ligações dos carbonos e hidrogênios. Na estrutura do alceno, o aluno provavelmente não lembrou o conceito desse grupo funcional e adicionou duas ligações duplas ao invés de uma. Em relação ao alcadieno o discente acrescentou as duas ligações duplas, porém estas deveriam aparecer na cadeia de maneira alternada. No anel aromático, verifica-se a preocupação da distribuição das três ligações duplas no interior da cadeia carbônica (obedecendo a ressonância do composto aromático em tela), no entanto, o estudante não lembrou de inserir átomos de hidrogênios nos carbonos das insaturações, dessa maneira o composto apresenta alguns carbonos com quatro ligações (corretamente ligados) e outros com apenas três ligações. Por fim, a estrutura do alcano deve apresentar entre carbonos somente ligações simples, porém é possível visualizar que no decorrer da cadeia ocorreu a ausência de ligação entre um carbono e outro, bem como a inserção de átomos de hidrogênio com a finalidade de completar a valência (quantidade de ligações) dos carbonos.

A tarefa 2 do GAT02 solicitou dos discentes um raciocínio semelhante ao da questão anterior, entretanto, como existe uma grande variedade de grupos funcionais, ao invés de requisitar dos discentes os tipos de ligações químicas do carbono,

nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, a atividade em tela pediu para que os radicais (característica de cada grupo funcional) fossem considerados para completar a fórmula estrutural, ou seja, os alunos tiveram acesso as estruturas dos compostos, porém com algumas das Funções Orgânicas ocultas (sendo indicadas por caixas de texto no local da função). Partindo desse pressuposto, o objetivo da tarefa em tela consistiu em desenvolver a habilidade de memorização do maior numero possíveis de radicais dos diferentes grupos funcionais.

A Figura 49, ilustra o excerto 26, referente aos principais erros cometidos pelos estudantes na realização da tarefa.

Figura 49: Excerto 26 do erro do aluno A9 acerca da descrição dos radicais dos grupos funcionais



Fonte: A pesquisa (2021)

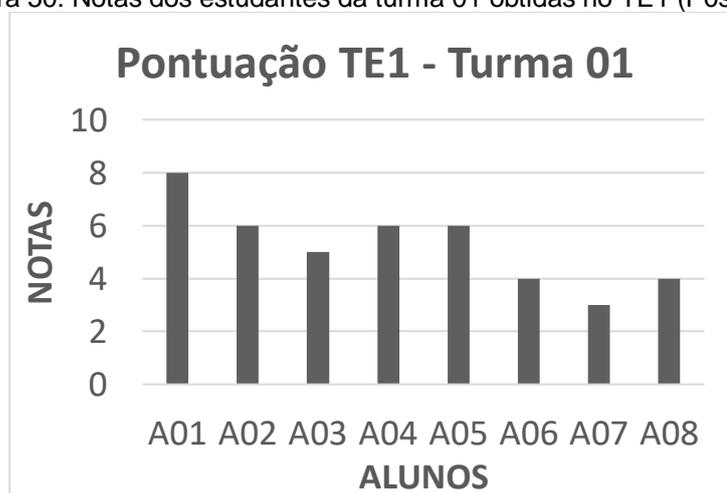
De acordo com a ilustração anterior é possível observar que o discente somente escreveu o radical das funções ao qual se recordava, ignorando as demais. Ao recolher o material o professor questionou ao aluno porque parte da questão estava em branco e o mesmo confirmou que não se lembrava do radical da função. Cabe salientar que dos participantes da pesquisa aproximadamente 33% apresentaram os mesmos erros. Já os demais conseguiram lembrar dos respectivos radicais.

Com relação a parte 2 do GAT02 pensou-se em elaborá-la como uma espécie de guia de acompanhamento para o aluno utilizar no momento da explicação do professor. Inicialmente foi explicado os objetivos iniciais da aula descritos no Quadro 12, que foi legitimar a aprendizagem das FO e avaliar o desempenho dos alunos nas

atividades de reconhecimento dos grupos funcionais, considerando os resultados obtidos em TE2. Para tanto, foi explicado aos discentes que os erros por eles cometidos foram previstos e que eles dispuseram de recursos suficientes para resolver as tarefas sozinhos. Com efeito, questionou-se quais as principais características da cafeína, do ácido ascórbico (vitamina C), da propanona e do detergente e onde estão presentes no cotidiano. O aluno A3 respondeu que a cafeína apresenta grupos amina e amidas na estrutura e pode ser encontrado em doces, refrigerantes, no café entre outros. O aluno A8 respondeu que a propanona é caracterizada pela presença do grupo carbonila e pode ser encontrado em removedores de esmaltes. O discente A4 disse que o ácido ascórbico é mais conhecido como vitamina C e é caracterizado pela presença de hidroxilas (OH) e um grupo éster presente no composto. Por fim, o estudante A11 relatou que o detergente é um composto que apresenta a função sal orgânico na sua estrutura e é utilizado para remoção de sujeira, como gordura entre outros.

A sessão III durou aproximadamente 60 min. Após sua conclusão foi realizado a reaplicação do TE1 (Apêndice C) com a turma em tela (grupo intervenção). As Figuras 50 e 51 a seguir ilustram os resultados obtidos no TE1 após a intervenção. Cabe ressaltar que o mesmo teste também foi reaplicado no grupo controle (turma 01), porém não ocorreu no mesmo momento que o grupo intervenção. Com efeito, foi considerada a margem potencial inicial de 0,0 a 10,0 para ambas as turmas.

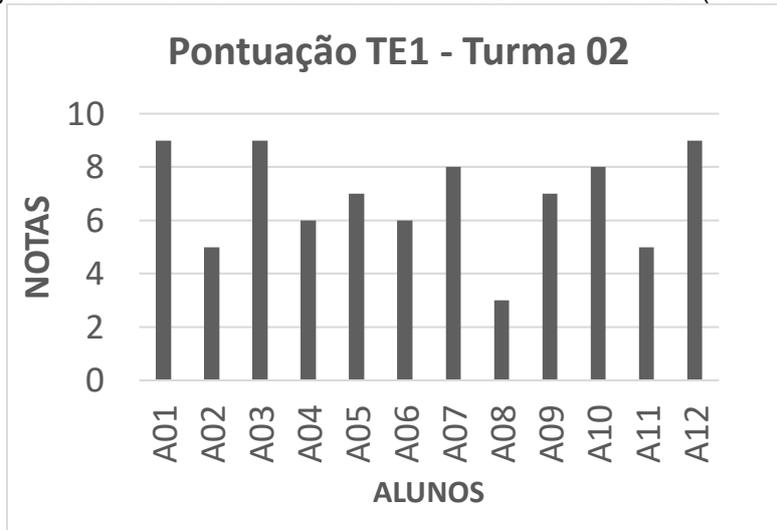
Figura 50: Notas dos estudantes da turma 01 obtidas no TE1 (Pós-teste)



Fonte: A pesquisa (2021)

Com base nos dados expostos anteriormente é possível observar que a nota média dos estudantes da turma 01, obtida no pós-teste foi de aproximadamente 5,2 com desvio de  $\pm 2,8$ . A moda e a mediana foram 6,0. O valor mínimo foi de 3,0 e o máximo foi de 8,0, resultando dessa forma numa amplitude equivalente a 6,0.

Figura 51: Notas dos estudantes da turma 02 obtidas no TE1 (Pós-teste)

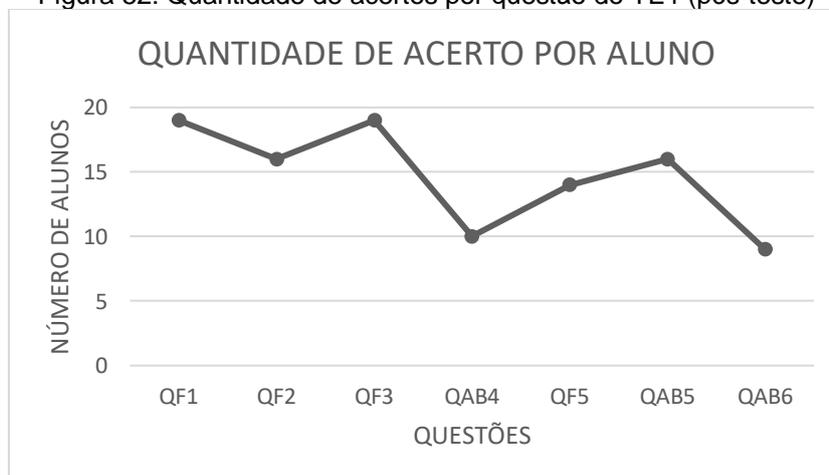


Fonte: A pesquisa (2021)

Os dados do pós-teste referentes aos estudantes da turma 02 pode-se observar que a nota média correspondeu a 6,8 com desvio de  $\pm 2,2$ . A moda e a mediana foram 9,0. O valor mínimo foi de 3,0 e o máximo foi de 9,0, resultando dessa forma numa amplitude equivalente a 9,0.

Com efeito, a Figura 52 destaca a quantidade de acertos por questão.

Figura 52: Quantidade de acertos por questão do TE1 (pós-teste)



Fonte: A pesquisa (2021)

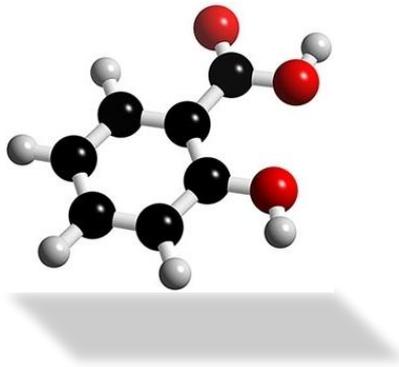
Com base no gráfico acima nota-se que as questões QF1 e QF3 apresentaram os melhores resultados, seguida da questão QF2. Essas tarefas tinham como objetivo verificar o domínio do discente quanto a conceituação da química orgânica e identificar a importância da química orgânica no cotidiano em seu cotidiano. Por outro lado, a questão QAB4 apresentou, mais uma vez, o menor número de acertos, abrangendo metade dos participantes.

O tópico a seguir apresenta uma análise e discussão dos dados registrados até aqui, de modo a promover o confronto desses com as hipóteses da pesquisa e enquadrá-los junto ao aporte teórico embasado.



# ANÁLISE *A POSTERIORI* E VALIDAÇÃO

---



#### 4 – Análise a *Posteriori*

Essa etapa da Engenharia Didática Clássica consiste em analisar e apresentar os resultados da mediação pedagógica a partir de um quadro teórico como referencial. As atividades executadas pelos estudantes nas sessões I, II e III foram analisadas com o intuito de apontar e debater sobre os pontos fundamentais, os erros e acertos, vulnerabilidade e potencialidades de aprendizagem acerca do conteúdo “Funções Orgânicas (FO)”.

Os resultados do pré-testes ilustrados nas Figuras 24 e 25 aplicados durante a execução da **sessão I**, demonstram que os discentes apresentavam conhecimentos prévios acerca do conteúdo em tela. Os fatos históricos e as características das moléculas disponíveis no TE2 corroboraram com o processo de engajamento e a requisição da atenção dos estudantes. Além disso, acerca do primeiro momento de aprendizagem foram associadas também às experiências sensoriais:

- Inicialmente o professor questionou aos discentes se os mesmos se recordavam das moléculas estudadas e dos momentos vivenciados na sessão I. Quatro alunos destacaram a experiência dos fatos históricos e características das moléculas (A1, A4, A6 e A9), três relataram a experiência de construir as moléculas com o auxílio do Kit molecular (A3, A4 e A12), e três alunos destacaram a experiência de visualizar e manusear as amostras das moléculas estudadas (A2, A5 e A9).

Os registros acima comungam com os achados de Leite (2010) em sua investigação de mestrado. Os processos sensoriais e perceptivos em conjunto com os diferentes tipos de estímulos, sejam eles, táteis, visuais, auditivos, gustativos e sonoros são responsáveis pela manifestação da atenção. Além disso, os processos intelectuais também originam os mecanismos atencionais quando relacionados ao pensamento e a memória (LEITE, 2010).

Durante a realização da atividade de identificação dos fatos históricos e das características das moléculas estudadas esperou-se que os discentes pudessem associar tais propriedades com as estruturas mais comuns em seu cotidiano como, detergente, cafeína, vitamina C, propanona (acetona), aspirina e dipirona. Embora as atividades propostas na sessão I correspondam às situações adidáticas, conceituada por Brousseau (2007) como uma situação em que os conhecimentos não estão disponíveis para os estudantes, sendo necessária a utilização dos conhecimentos prévios para solucionar um problema, os discentes em nenhum momento da execução da sessão fizeram referência a essa prática. Nesse sentido, pôde-se notar uma falha na construção e direcionamento dessa estratégia, configurando um ponto não significativo:

- Entretanto, cabe salientar que nesta etapa, houve inúmeras dúvidas devido à dificuldade de percepção dos discentes, visto que os fatos e características disponíveis estavam relacionados ao composto de modo geral e não somente com a substância destacada. Por exemplo, alguns fatos associados a cafeína como presença nos grãos de café, em folhas de chá, na semente do fruto do cacauzeiro eram facilmente detectadas. Por outro lado, características como prevenção do Alzheimer e outras doenças, como diabetes tipo 2, depressão em mulheres e Parkinson, não eram identificadas pelo fato dos alunos não conseguirem associar a substância aos benefícios, sendo necessária a intervenção do professor para dar continuidade a realização da tarefa.

Com relação a atividade de construção da molécula com o auxílio do Kit molecular, com exceção do G1, os grupos (G2, G3 e G4) confeccionaram as estruturas deixando de acrescentar as ligações dos átomos de oxigênio e em alguns casos não adicionaram os carbonos e hidrogênios presentes nas extremidades das moléculas. Entretanto, esperava-se que durante a realização da tarefa os discentes se questionassem sobre a quantidade de ligações corretas dos átomos constituintes da molécula pertencente ao grupo e que posteriormente verificassem as incoerências na sua fórmula estrutural. Partindo desse pressuposto, tal fato ocorre, pois segundo Rosa e Galvão (2017), o conhecimento prévio quando consolidado influencia diretamente o processo de estudo do educando, afetando significativamente, o reconhecimento de diversas informações, a capacidade de articulação dos processos cognitivos, o tempo de estudo, entre outros. Nesse sentido, o saber inicialmente consolidado possivelmente influenciou os docentes a cometerem os respectivos erros no momento da realização desta atividade.

Os erros encontrados na tarefa destacam que existe uma tendência de reprodução idêntica dos modelos em duas dimensões (2D). Nesse caso, a inserção de um novo modelo representacional levou aos discentes a suprimirem saberes já estudados. Desse modo, nota-se que esse tipo de atividade requer prática constante, até consolidar as novas informações com outra maneira de representar as fórmulas estruturais das moléculas.

Nessa perspectiva, os resultados do TE3 também possibilitou revelar as dificuldades dos estudantes, no que concerne à transferência efetiva de conhecimentos prévios para o referido teste. Aproximadamente 33% dos participantes (G2 e G3) resolveu as tarefas solicitadas e apresentaram incongruências nas ligações dos átomos de carbono, nitrogênio, oxigênio e hidrogênio. Entretanto, não há como afirmar que isso tenha ocorrido, porque os estudantes não entenderam o conteúdo “ligações químicas” quando ensinado, mas que ocorreu um novo momento de aprendizagem que se encontra desconectado com os conhecimentos anteriores.

A **sessão II** caracterizou-se como sendo uma situação adidática, ou seja, as tarefas propostas não apresentavam conhecimentos disponíveis para os estudantes, sendo necessária a utilização dos conhecimentos prévios para solucionar o problema. A avaliação deste momento, se deu a partir dos registros dos discentes e da observação do docente.

As tarefas de 01 a 04 do GAT01 requisitaram dos estudantes, memórias dos momentos vivenciados no primeiro encontro. Nessa etapa, esperou-se que os fatos e as características das moléculas pudessem corroborar com a recordação das Funções Orgânicas que cada grupo recebeu. Desse modo, foi observado que tal fato serviu para consolidar algum conhecimento acerca dos grupos funcionais:

- Com efeito, aproximadamente 66% dos estudantes fizeram o reconhecimento do grupo funcional a partir de algumas características desses compostos: “acetona, utilizado na remoção de esmalte” (A3), “detergente, utilizado para lavar louças” (A6), “acrilonitrila, confecção de materiais de plástico” (A9), “cafeína, substância presente no café” (A1), “butano, gás de cozinha, utilizado no cozimento dos alimentos” (A10).

Já as tarefas 05 e 06 do guia solicitaram do aluno que montassem e comparassem as estruturas moleculares disponíveis no primeiro momento. Após a montagem dos compostos com o auxílio do Kit molecular, houve um maior engajamento dos alunos para participarem das atividades. Conforme esperado, ao comparar o modelo estrutural disponível no papel (desenho em 2D) e a estrutura montada com as peças do Kit, seis estudantes (A1, A3, A5, A7, A8 e A12) conseguiram identificar inconsistências entre os respectivos modelos:

- Partindo desse entendimento, a tarefa 6 do GAT01, solicitou, após a comparação dos respectivos modelos (a estrutura desenhada em 2D e a molécula construída através do kit molecular), a correção do composto físico e conforme orientação os alunos A1, A3, A5, A7, A8 e A12 adicionaram os átomos de carbonos e hidrogênios que faltavam na fórmula estrutural. Por outro lado, os discentes A2 e A6, diferentemente dos demais, não demonstraram domínio na resolução do problema deixando-a sem atingir o objetivo proposto.

A parte 2 do GAT01, especificamente as tarefas 01 e 02, consistiu em solicitar aos discentes que destacassem as Funções Orgânicas presentes nas moléculas da coronopilina, serotonina, aspartame, glicose e do ácido 4-etil-2,3,4-trimetilciclopentanosulfônico e posteriormente determinar a nomenclatura de estruturas disponíveis no guia. Nessa perspectiva, esperou-se dessa etapa que os alunos recordassem as Funções Orgânicas pertencentes as respectivas moléculas, tendo em vista que, esses grupos funcionais se fazem presentes em várias substâncias do cotidiano e já haviam sido demonstrados em momentos anteriores. Entretanto, apesar dos conhecimentos supracitados terem sido trabalhados anteriormente, foi observado algumas dificuldades no momento da execução da tarefa:

- Para tanto, o registro do estudante A4 salienta que o erro por ele cometido, está diretamente relacionado a esta afirmativa, visto que, na tarefa 2 da parte 2 do guia de atividade, onde a questão solicitava do discente a nomenclatura dos compostos, o mesmo atribuiu a terminação da nomenclatura de uma função a outra. “é difícil lembrar o nome de todas as funções e suas estruturas, por isso a maioria comete erros” (A4).

A tarefa 03 do GAT 01 consistiu em identificar os grupos funcionais pertencentes as Funções Orgânicas através de um jogo virtual confeccionado na plataforma *Wordwall*, cabe ressaltar que foi esclarecida todas as dúvidas dos discentes, bem como explicada as regras do jogo antes de inicia-lo, durante a abordagem do professor foi possível perceber que os estudantes estavam entusiasmados com a aplicação do recurso tecnológico. Após a aplicação do mesmo, pôde-se notar que os grupos G1 e G2 obtiveram melhores desempenho, o G3 apresentou um desenvolvimento considerado mediano e o G4 abaixo do esperado. Entretanto, o depoimento dos alunos A3 e A7 revelam que o jogo pode estimular a aprendizagem dos educandos:

- Ao final do jogo, o professor questionou se os alunos haviam gostado da maneira como foi pensada a atividade, o aluno A3 disse que “o jogo torna a aula mais divertida”, o estudante A7 respondeu que “apesar de existirem muitas funções, devido a atividade ter sido em grupo, a interação entre eles fez com que ele se recordasse de algumas características específicas de funções que ele havia esquecido”.

Esse registro vai ao encontro dos achados de Alves e Bianchin (2010) que consideram o jogo didático como recurso capaz de impulsionar os processos cognitivos dos discentes, influenciando diretamente no desenvolvimento e no processo de aprendizagem do educando.

Nesse sentido é importante destacar que os GAT's foram organizados com o intuito de revisar os conteúdos ligações químicas e Funções Orgânicas, principalmente a constituição das fórmulas estruturais (radical) de cada grupo funcional, bem como suas respectivas nomenclaturas. Para tanto, com relação a tarefa de identificação dos radicais dos grupos funcionais, constatou-se que os discentes apresentaram dificuldades em:

- Distinguir a classificação do grupo funcional específico da função em tela, por exemplo, os compostos que apresentam oxigênio (O) na estrutura do composto é considerado uma função oxigenada, já os que apresentam nitrogênio (N) são classificadas com nitrogenadas. E os demais casos, quando apresentam enxofre (S), halogênios (F, Cl, Br, I) são classificados como casos específicos.
- Entender a quantidade e os tipos de ligações e a valência que os átomos de C, N, O e H realizam ao longo das estruturas orgânicas.

Por fim, além dos guias de atividades propostos buscou-se também estimular o desenvolvimento das habilidades visuoespaciais, bem como, o reconhecimento dos radicais das Funções Orgânicas através das atividades de reconhecimento dos grupos

funcionais (ARGF01, ARGF02 e ARGF03). Essas últimas foram organizadas com base nos constructos de Huang e Liu (2012), visto que segundo os autores, os seres humanos possuem a capacidade de criar imagens mentais. Para tanto, ao verificar o desempenho dos discentes nessas tarefas pôde-se notar que aqueles que mais apresentaram dificuldades de executar a tarefa 03 do GAT01 resolveram a ARGF de forma parcial.

A execução da **sessão III** possibilitou verificar de que maneira ocorreu o desenvolvimento do pensamento dos alunos com relação aos conceitos e erros cometidos nas práticas de atividades sobre FO. O objetivo da referida sessão, consistiu em desenvolver a habilidade de memorização do maior número possível de radicais dos diferentes grupos funcionais.

Nesse sentido, será que os discentes conseguiram extrair das tarefas que a constituição dos materiais e sua aplicação auxiliam na memorização das respectivas Funções Orgânicas?

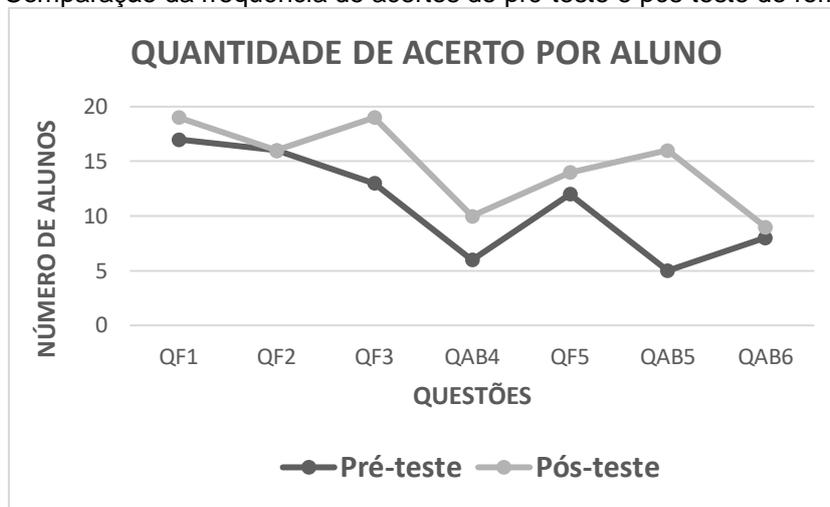
- Com efeito, questionou-se quais as principais características da cafeína, do ácido ascórbico (vitamina C), da propanona e do detergente e onde estão presentes no cotidiano. O aluno A3 respondeu que a cafeína apresenta grupos amina e amidas na estrutura e pode ser encontrado em doces, refrigerantes, no café entre outros. O aluno A8 respondeu que a propanona é caracterizada pela presença do grupo carbonila e pode ser encontrado em removedores de esmaltes. O discente A4 disse que o ácido ascórbico é mais conhecido como vitamina C e é caracterizado pela presença de hidroxilas (OH) e um grupo éster. Por fim, o estudante A11 relatou que o detergente é um composto que apresenta a função sal orgânico na sua estrutura e é utilizado para remoção de sujeira, como gordura entre outros.

Com efeito, ao comparar os resultados da turma 01 (GC) e 02 (GI) obtidos no pré e pós-teste dos conhecimentos sobre FO é possível constatar que houve melhorias na aprendizagem. Nessa perspectiva, ocorreu um aumento nas médias dos respectivos grupos. O primeiro (GC) aumentou a média de 4,5 para 5,2. Já o segundo (GI) obteve uma variação na média de 5,2 para 6,8. Cabe salientar que muito embora os resultados apresentados tenham contribuído para a aprendizagem dos discentes, bem como a consolidação de memórias acerca das Funções Orgânicas, a sequência didática planejada com base em variáveis macro e microdidáticas não garantiu o controle de aspectos referentes ao estado emocional, atencional e motivacional dos discentes, visto que em alguns momentos, pôde-se notar o cansaço físico dos participantes, bem como a pressa para finalizar as algumas atividades, comprometendo o engajamento satisfatório para a realização das tarefas.

Por outro lado, pôde-se notar também que o GI obteve melhor desempenho na média final gerada a partir da análise do pré e pós-teste do TE1, quando comparado ao GC.

A Figura 53 destaca a frequência de acertos das tarefas que constituem o pré-teste e o pós-teste acerca das FO.

Figura 53: Comparação da frequência de acertos do pré-teste e pós-teste do formulário TE1)



Fonte: A pesquisa (2021)

De acordo com a Figura acima é possível observar que em ambas as etapas (pré e pós-teste) a questão QAB4 permaneceu com baixo índice de acerto, isso deve-se possivelmente à dificuldade que os estudantes apresentam em relacionar os grupos funcionais com o seu próprio cotidiano. Por outro lado, o aumento significativo da quantidade de acertos das questões QF3 e QAB5 revela que o conceito das Funções Orgânicas e o radical do grupo funcional ácido carboxílico foram melhorados no decorrer da intervenção.

De modo geral, os resultados mais relevantes desse estudo revelaram que:

1. As recordações de memórias, anteriores à intervenção, sobre a aprendizagem das Funções Orgânicas apresentam-se em um contexto geral, como o reconhecimento da mínima quantidade de grupos funcionais. As questões fechadas (múltipla escolha) apresentaram a maior quantidade de acertos.
2. Os instrumentos multissensoriais, bem como, os fatos e características das amostras das substâncias presentes no TE2 e o jogo didático, promoveram maior interação entre os discentes e corroborou para evocação de memórias relacionadas aos conhecimentos acerca das FO.
3. A confecção das fórmulas estruturais das moléculas com o auxílio do Kit molecular, corroborou para que os discentes pudessem fazer uma avaliação dos erros cometidos e posteriormente realizassem a correção dos erros.
4. O erro mais comum apresentado pelos discentes está relacionado com a noção de classificação dos grupos funcionais.
5. O tempo de duração, programado para que os estudantes treinassem as habilidades de identificação das Funções Orgânicas por meio de atividades de reconhecimento de grupos funcionais não foi suficiente para desenvolver essa prática nos docentes.
6. Pode-se observar evolução no processo de aquisição dos conhecimentos sobre Funções Orgânicas, muito embora o confronto de dados não aponte um

desenvolvimento significativo para alguns discentes. Nesse sentido, é possível salientar que observando o comportamento dos alunos no decorrer das práticas, a aprendizagem ocorreu de forma geral, entretanto, em níveis distintos.

O tópico a seguir tem como objetivo apresentar a validação da sequência didática a partir do confronto das hipóteses da pesquisa com as informações geradas nas análises *a posteriori*.

## 4.1 – Validação

Conforme institui Artigue (1998), o processo de validação ocorre através do confronto entre as hipóteses criadas nas etapas de concepção e análise *a priori*, bem como na fase da análise *a posteriori*. Ainda segundo a autora, essa etapa é considerada indispensável na Engenharia Didática Clássica. Cabe salientar que essa parte da EDC possibilitou identificar os pontos positivos e as vulnerabilidades da SD tornando as respostas das questões do referido estudo mais claras.

Para fins deste estudo, nessa etapa, o pesquisador optou-se em adaptar o modelo apresentado por Silva (2018). Nesse sentido, os quadros de cada sessão ilustram os excertos da etapa de concepção e análise *a priori*, bem como, os da análise *a posteriori*. As hipóteses da pesquisa ( $H_1$  e  $H_2$ ) são apresentadas a seguir e, posteriormente a validação.

**H<sub>1</sub>** - Uma sequência didática elaborada a partir dos preceitos teóricos apresentados, amparada na aplicação de um jogo didático baseado no conteúdo Funções Orgânicas com recursos físicos e virtuais tem influência sobre os processos neurocognitivos dos estudantes do Ensino Médio, na aprendizagem das Funções Orgânicas à medida que os erros e as dificuldades do jogo são trabalhadas pelo professor.

**H<sub>2</sub>** - A função cognitiva “Atenção seletiva”, juntamente com os recursos metodológicos adotados, devem privilegiar atitudes ativas dos estudantes, envolvendo o maior número de órgãos sensoriais possíveis.

Os Quadros 14, 15 e 16 a seguir destacam, de maneira detalhada, o confronto das hipóteses estabelecidas nas fases de análise *a priori* e *a posteriori*.

Quadro 14: Comparação das análises *a priori* e *a posteriori* – Sessão I

SESSÃO I				
Tarefa / Objetivo	Excertos		Hipóteses	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
T1- Avaliar os conhecimentos prévios dos discentes sobre a noção de FO, resolvendo o TE1.	Tendo em vista a conjuntura da questão, espera-se um melhor desempenho nas questões objetivas.	As recordações de memórias, anteriores a intervenção, sobre a aprendizagem das Funções Orgânicas apresentam-se em um contexto geral, como o reconhecimento da mínima quantidade	NA <sup>36</sup>	Positiva

<sup>36</sup> Para fins deste estudo, o termo NA refere-se a “não se aplica” e será incluído no campo das hipóteses para salientar a inexistência da hipótese para determinada tarefa.

		de grupos funcionais. As questões fechadas (múltipla escolha) apresentaram a maior quantidade de acertos.		
T2- Avaliar o desempenho dos alunos nas atividades de reconhecimento dos grupos funcionais, considerando os resultados obtidos em TE2.	Será possível obter indícios sobre os discentes quanto a facilidade ou não de reconhecer os grupos funcionais a partir das moléculas propostas.	A média da turma 01 no pré-teste foi de 4,5.  Já a da turma 02 foi de 5,2.	NA	Positiva
T3- Contextualizar o ensino das Funções Orgânicas a partir de uma situação do cotidiano do estudante	a) Espera-se a criação de memórias positivas dos discentes a partir da estimulação dos sentidos, ou seja, associar alguma característica perceptível através dos sentidos e associá-la a determinado grupo funcional. b) A leitura e discussão dos fatos e curiosidades das substâncias propiciam o engajamento e o prazer.	Inicialmente o professor questionou aos discentes se os mesmos se recordavam das moléculas estudadas e dos momentos vivenciados na sessão I. Quatro alunos destacaram a experiência dos fatos históricos e características das moléculas (A1, A4, A6 e A9), três relataram a experiência de construir as moléculas com o auxílio do Kit molecular (A3, A4 e A12), e três alunos destacaram a experiência de visualizar e manusear as amostras das moléculas estudadas (A2, A5 e A9).	H <sub>2</sub>	a) Positiva b) Positiva
T04- Revisar conceitos anteriores importantes para o entendimento das estruturas das FO e introduzir o tipo de representação molecular de linha.	Tendo em vista que os estudantes não possuem conhecimento sobre as estruturas condensadas (os átomos de carbono e hidrogênio encontram-se ocultos na molécula), espera-se que os	Com relação a atividade de construção da molécula com o auxílio do Kit molecular, com exceção do G1, os grupos (G2, G3 e G4) confeccionaram as estruturas deixando de acrescentar as ligações dos átomos de oxigênio e em alguns casos não adicionaram os	H <sub>1</sub>	Negativa

	alunos percebam que se seguirem o modelo impresso os átomos de carbono apresentarão inconsistências no que se refere a quantidade de ligações.	carbonos e hidrogênios presentes nas extremidades das moléculas.		
T5- Avaliar de que maneira os discentes entenderam a transição da fórmula estrutural para a fórmula de linha.	a) Se a molécula foi construída sem considerar os átomos de hidrogênio, espera-se que os discentes percebam o erro e apontem-no nas questões 3 e 4. b) Se a molécula fora construída de forma correta, espera-se que as questões 3 e 4 sejam resolvidas também de maneira correta. c) Mesmo que a molécula tenha sido construída de forma errada, os alunos podem resolver as questões subsequentes corretamente, visto que, escutam repetidamente a informação que o carbono faz 4 ligações.	a) somente os alunos do G1 construíram o modelo molecular considerando os átomos de carbono e hidrogênio ocultos. Tais erros não foram apontados nas questões 3 e 4. b) a resolução das questões 3 e 4 não foram apresentadas de forma correta pelos grupos G2, G3 e G4. c) A resolução das questões subsequentes apresentaram respostas satisfatórias pela maioria dos discentes.	H <sub>1</sub>	a) Negativa b) Negativa c) Positiva
T6 - Identificar alguns grupos funcionais, presentes na molécula da endorfina	Tendo em vista a conjuntura da questão, espera-se os discentes consigam distinguir as Funções Orgânicas oxigenadas das nitrogenadas ou ainda confundir as funções amina e amida devido a sua semelhança.	Após a resolução da tarefa pôde-se perceber que a minoria dos discentes confundiram grupos aminas com amidas, fenol com álcool e a presença da carbonila com a função cetona. Entretanto a maioria conseguiu identificar os respectivos grupos funcionais.	H <sub>1</sub>	Positiva

T1/T2- Desenvolver habilidade visuoespacial quanto ao reconhecimento dos grupos (radicais) específicos a cada FO.	Para a realização da atividade não haverá limite de tempo, logo espera-se que os estudantes disponham de um tempo considerável para treinarem até alcançar um desempenho favorável.	As atividades foram realizadas conforme orientação	H <sub>1</sub>	Positiva
---	---	--	----------------	----------

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

Quadro 15: Comparação das análises *a priori* e *a posteriori* – Sessão II

SESSÃO II				
Tarefa / Objetivo	Excertos		Hipóteses	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
T1- Estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias referente ao primeiro encontro sobre os tipos de ligações que os átomos de C, N, O e H fazem e como estes átomos estão disponíveis em cada grupo funcional.	Espera-se que os discentes encontrem dificuldades em lembrar as FO, visto que, no primeiro momento os átomos de hidrogênio e carbono apresentam-se nas estruturas de maneira oculta. As tarefas 2 e 3 servirão para os alunos associem o cheiro das substâncias, a aplicação de cada uma e seus grupos funcionais, logo, espera-se que eles possam reformular as memórias a partir das novas informações. Por fim a tarefa 5, possibilita a identificação dos erros cometidos ao reproduzir as estruturas das moléculas, então espera-se que os discentes façam a correção apontando os radicais dos grupos funcionais.	Com efeito, aproximadamente 66% dos estudantes fizeram o reconhecimento do grupo funcional a partir de algumas características desses compostos: “acetona, utilizado na remoção de esmalte” (A3), “detergente, utilizado para lavar louças” (A6), “acrilonitrila, confecção de materiais de plástico” (A9), “caféina, substância presente no café” (A1), “butano, gás de cozinha, utilizado no cozimento dos alimentos” (A10).	H <sub>1</sub> e H <sub>2</sub>	Positiva
T2- Revisar as ligações químicas	Para esta tarefa espera-se que os	Ao final do jogo, o professor questionou	H <sub>1</sub> e H <sub>2</sub>	Positiva

e Funções Orgânicas (hidrocarbonetos, oxigenadas, nitrogenadas e casos específicos) com o auxílio de um jogo didático desenvolvido para esta finalidade.	discentes não apresentem dificuldades, tendo em vista a maneira explicativa que o roteiro apresenta para a execução de cada tarefa.	se os alunos haviam gostado da maneira como foi pensada a atividade, o aluno A3 disse que “o jogo torna a aula mais divertida”, o estudante A7 respondeu que “apesar de existirem muitas funções, devido a atividade ter sido em grupo, a interação entre eles fez com que ele se recordasse de algumas características específicas de funções que ele havia esquecido”.		
T1- Desenvolver habilidade visuoespacial quanto ao reconhecimento dos grupos (radicais) específicos a cada FO.	Para a realização da atividade não haverá limite de tempo, logo espera-se que os estudantes disponham de um tempo considerável para treinarem até alcançar um desempenho favorável.	As atividades foram realizadas conforme orientação	H <sub>1</sub>	Positiva

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

Quadro 16: Comparação das análises *a priori* e *a posteriori* – Sessão III

SESSÃO III				
Tarefa / Objetivo	Excertos		Hipóteses	Validação
	Análise <i>a priori</i>	Análise <i>a posteriori</i>		
T1- Estimular a atenção dos estudantes e reconsolidar memórias referente aos conhecimentos científicos gravados em situações didáticas anteriores.	Considerando as vivências dos momentos anteriores, espera-se que os estudantes se recordem dos radicais de cada grupo funcional.	Com efeito, aproximadamente 66% dos estudantes fizeram o reconhecimento do grupo funcional a partir de algumas características desses compostos: “acetona, utilizado na remoção de esmalte” (A3), “detergente, utilizado para lavar louças” (A6), “acrilonitrila, confecção de	H <sub>2</sub>	Positiva

		<p>materiais de plástico” (A9), “cafeína, substância presente no café” (A1), “butano, gás de cozinha, utilizado no cozimento dos alimentos” (A10).</p>		
<p>T2- Legitimar a aprendizagem das FO.</p>	<p>Quando questionados sobre as diferentes propriedades químicas das substâncias, espera-se que os alunos façam uma associação com as distinções entre os grupos funcionais existentes. Com relação ao segundo questionamento, espera-se que os discentes respondam de maneira correta sobre a classificação das FO.</p>	<p>Com efeito, questionou-se quais as principais características da cafeína, do ácido ascórbico (vitamina C), da propanona e do detergente e onde estão presentes no cotidiano. O aluno A3 respondeu que a cafeína apresenta grupos amina e amidas na estrutura e pode ser encontrado em doces, refrigerantes, no café entre outros. O aluno A8 respondeu que a propanona é caracterizada pela presença do grupo carbonila e pode ser encontrado em removedores de esmaltes. O discente A4 disse que o ácido ascórbico é mais conhecido como vitamina C e é caracterizado pela presença de hidroxilas (OH) e um grupo éster. Por fim, o estudante A11 relatou que o detergente é um composto que apresenta a função sal orgânico na sua estrutura e é utilizado para remoção de sujeira, como gordura entre outros.</p>	H2	Positiva
<p>T3- Avaliar o conhecimento científico sobre FO assimilado</p>	<p>Espera-se um melhor desempenho nas questões objetivas e subjetivas,</p>	<p>As médias das turmas aumentaram após a reaplicação do TE1 para o GC (turma 01) e após a intervenção</p>	NA	Positiva

durante a intervenção.	comparados com a primeira aplicação.	didática para GI (turma 02). O primeiro (GC) aumentou a média de 4,5 para 5,2. Já o segundo (GI) obteve uma variação na média de 5,2 para 6,8		
T4- Avaliar o desempenho dos alunos nas atividades de reconhecimento dos grupos funcionais, considerando os resultados obtidos em TE2.	Espera-se um melhor desempenho, tendo em vista a comparação com a primeira aplicação.	O tempo de duração, programado para que os estudantes treinassem as habilidades de identificação das Funções Orgânicas por meio de atividades de reconhecimento de grupos funcionais não foi suficiente para desenvolver essa prática nos docentes.	NA	Positiva

Fonte: O autor (2021), adaptado de Silva (2018)

Com base nas hipóteses ilustradas nos Quadros acima, somente duas delas (T4 e T5 da sessão I) foram negativadas. Nessa perspectiva, o motivo em que as hipóteses supracitadas não corresponderem com o esperado pode está relacionado com a dificuldade que os discentes possuem em transferir os conhecimentos prévios em seu cotidiano.

Para tanto, cabe ressaltar que apesar de algumas hipóteses terem sido invalidadas, foi possível confirmar H<sub>1</sub> e H<sub>2</sub> dentro dos parâmetros da pesquisa.

Por fim, considerando os princípios necessários para ativar a rede neural da atenção (Quadro 5) e as características das FO orgânicas para solucionar as tarefas do TE1, a Figura 54, a seguir destaca, de maneira minuciosa, os caminhos traçados na SD, detalhando a exigência de cada tarefa (de T1<sup>37</sup> a T6) e quais os princípios são evocados para sua resolução.

<sup>37</sup> Para fins deste estudo deve considerar de acordo com as concepções de Brousseau (2008), T1 como tarefa fundamental, ou seja, sem a sua existência não há como o professor e o aluno evoluírem em uma sequência didática.

Figura 54: Sequência didática de Carvalho: SDC EFO (2021)

• **T1** – Considera o princípio P1 para ativação neural da atenção.

• O carbono como elemento fundamental para a formação das estruturas das FO.

• **T2** – Considera os princípios P1, P2 e P5 para o processamento da atenção.

• Associação de substâncias como vinagre, cerveja (álcool), propanona (acetona), compostos pertencentes as FO.

• **T3** – Considera-se o princípio P1 para ativação dos mecanismos atencionais.

• O entendimento de que as cadeias carbônicas e as propriedades dos compostos são semelhantes diferindo apenas nos grupos funcionais.

• **T4** – Considera-se os princípios P1, P2 e P5 para o processamento da atenção.

• Associação de grupos funcionais presentes no cotidiano como etanol (álcool), gás de cozinha, entre outros.

• **T5** – Considera os princípios P1, P2, P3 e P5 para a ativação dos mecanismos atencionais.

• Identificação do grupo carboxila, característico da função ácido carboxílico.

• **T6** – Considera-se os princípios P1, P2, P3, P4 e P5 para ativação neural da atenção.

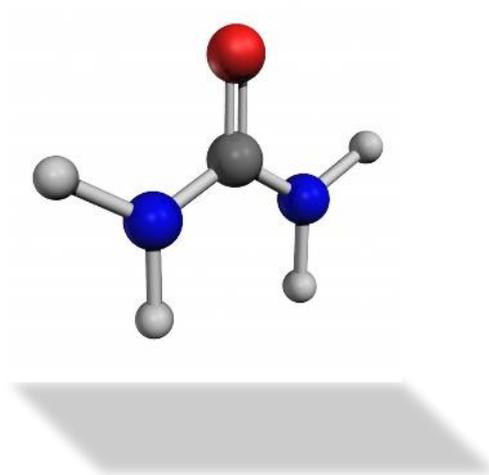
• Identificação das FO: fenol, Tioéter, ácido carboxílico, amina, amida e hidrocarboneto presentes na estrutura da endorfina.

Fonte: O autor (2021)



# CONSIDERAÇÕES FINAIS

---



## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da presente pesquisa foi investigar os efeitos que a aplicação de um jogo didático baseado nos constructos da Neurociência Cognitiva, especificamente na função executiva atenção seletiva tem sobre as adaptações neurocognitivas de adolescentes estudantes do Ensino Médio em relação a aprendizagem do conteúdo Funções Orgânicas. Seu desenvolvimento teve início com a análise epistemológica da noção de Funções Orgânicas. Partindo desse entendimento, o estudo histórico-epistemológico supracitado limitou-se à realização de procedimentos metodológicos expostos por Brousseau (1976), e teve como objetivo identificar alguns obstáculos epistemológicos (Quadro 2), que possivelmente podem estar relacionados com dificuldades conceituais acerca do conteúdo supracitado.

O estudo em tela serviu de suporte para subsidiar o levantamento teórico da organização do ensino das Funções Orgânicas possibilitando seu entendimento, bem como questionamentos acerca de sua estruturação. Além disso, pode-se refletir acerca do processo de ensino habitual considerando uma perspectiva didática, ou seja, a prática do ensino das Funções Orgânicas em sala de aula, apontando, inclusive, novas práticas de ensino das FO, como a utilização de recursos didáticos, a saber: o uso dos jogos didáticos, aulas experimentais, aulas baseadas na metodologia ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas), tecnologias digitais, projetos interdisciplinares entre outros.

Nesse sentido, pautando-se nas evidências científicas diversos pesquisadores destacam que esses recursos podem auxiliar o papel do docente em seu exercício de sala de aula corroborando para melhorias no processo de ensino-aprendizagem. Diversos estudiosos, argumentam ainda que se torna necessária a mudança de atitudes do professor, tendo em vista, a adoção de estratégias que possibilitem o desenvolvimento da aprendizagem do educando, bem como, seus processos cognitivos.

O conteúdo Funções Orgânicas é estruturado de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para ser desenvolvido na 3ª série do ensino médio promovendo o primeiro contato dos discentes com os diferentes grupos funcionais.

A análise de estudos científicos recentes como teses e dissertações sobre a aprendizagem das Funções Orgânicas, possibilitou uma série de discussões, que tem como objetivo minimizar as barreiras de aprendizagem dos estudantes. Dentre elas, destacam-se:

1. Existe uma preocupação evidente dos pesquisadores quanto aos aspectos cognitivos dos estudantes no que se refere as representações estruturais das FO, ou seja, preocupam-se em desenvolver nos discentes, habilidades visuoespaciais das mesmas.
2. As dificuldades de aprendizagem das FO, bem como os erros conceituais derivam dos aspectos de identificação, nomenclatura e aplicações destas no cotidiano.
3. Os recursos tecnológicos ou alternativos como jogos didáticos, abordagem com enfoque CTSA, aulas experimentais e projetos interdisciplinares são requisitados com maior frequência para o desenvolvimento de habilidades visuoespaciais para o ensino de química.
4. As FO são importantes, pois constituem diversos produtos presentes em nosso cotidiano, considerados essenciais para o desenvolvimento da humanidade.

Nessa perspectiva, pôde-se notar que o estudo do desenvolvimento histórico-epistemológico da noção de FO são contempladas com pouca frequência nas pesquisas investigativas. Desse modo, o entendimento da evolução das FO, através do contexto histórico e organização do ensino atual, contemplou um dos objetivos dessa fase da EDC, que buscou apresentar discussões, dificuldades, obstáculos e os avanços relacionados ao contexto das FO.

Na fundamentação teórica, o pesquisador optou por considerar os constructos da Neurociência cognitiva, de modo específico, a atenção seletiva. Nesse sentido, o objetivo foi apresentar subsídios acerca da aprendizagem considerando a perspectiva a área do conhecimento em tela. Para tanto, considerou-se os processos cognitivos mais específicos, a saber: a importância da “seleção de estímulos” no desenvolvimento de habilidades visuoespaciais e na execução de tarefas na área de ciências, ou ainda, de que maneira a audição pode ser influenciada na consolidação de informações/estímulos relacionados a situações cotidianas. Por fim, torna-se válido ressaltar que, além dos pressupostos da área, as tarefas planejadas na SD levou em consideração também duas teorias da atenção, são elas: a teoria da atenuação e da seleção tardia, de modo, a favorecer melhorias na intervenção.

Com efeito, os principais resultados apresentados pelas turmas 01 (GC) e 02 (GI) obtidos no pré-teste apontaram que as médias de ambas antes da intervenção foi de 4,5 (GC) e de 5,2 (GI). Outro ponto a se destacar foi o desempenho dos discentes quanto aos tipos de questões presentes no TE1. As tarefas que exigiram maior esforço cognitivo (questões abertas) apresentaram um desempenho menor do que as tarefas de baixa atividade cognitiva (questões fechadas). Por fim, considerando os dados do pós-teste foi possível notar um rendimento na aprendizagem dos alunos, tendo em vista que a média final do GC foi 5,2 e do GI foi de 6,8. Além disso, notou-se também que o GI apresentou melhor desempenho, quando comparado os resultados do GC, após a intervenção.

Desse modo, pôde-se observar que os recursos denominados “multissensoriais”, selecionados para a intervenção e os fatos históricos e características das moléculas estudadas, possivelmente corroboraram com o processo de engajamento e a requisição da atenção dos estudantes, consolidando memórias acerca do conteúdo em destaque. Outro aspecto que pode ter contribuído para os resultados do GI apontados acima foi a confecção das fórmulas estruturais das moléculas selecionadas, por meio do kit molecular e posteriormente a comparação dessas estruturas com os modelos em 2D, possibilitando ao estudante fazer uma avaliação do erro cometido no momento em que executou a tarefa.

Com relação aos erros cometidos, principalmente os de cunho conceitual, pôde-se notar que, na maioria dos casos, provavelmente devido à falta de conhecimento sobre outros conteúdos, como ligações químicas, especificamente as ligações covalentes e tabela periódica, os discentes não consideraram o conceito de valência dos átomos (C, N, O, e H) para representar as estruturas moleculares dos inúmeros compostos. Além disso, foi possível notar também que o tempo de treinamento das habilidades visuoespaciais (atividades de reconhecimento dos grupos funcionais) não foi suficiente para apontar resultados satisfatórios conforme esperado pela pesquisa.

Por outro lado, no decorrer do processo de aprendizagem a requisição de memórias (repetição de informações) vivenciadas contribuiu para que os estudantes fixassem conceitos mais sólidos acerca das Funções Orgânicas, como características dos compostos e como os mesmos encontram-se no cotidiano. Desse modo, os dados obtidos convergem com as hipóteses da pesquisa, certificando que: 1) Os recursos físicos e/ou virtuais podem influenciar os processos neurocognitivos dos estudantes do Ensino Médio favorecendo a aprendizagem das Funções Orgânicas. 2) As estratégias metodológicas adotadas e a atenção seletiva, devem privilegiar atitudes ativas dos estudantes, envolvendo o maior número de órgãos sensoriais possíveis.

Partindo desse pressuposto, cabe salientar que somente a utilização desses recursos não garante êxito nos resultados da intervenção pedagógica, visto que, a metodologia é o caminho que norteará de forma positiva ou negativa o alcance dos objetivos da pesquisa. Desse modo, considerando pesquisas recentes acerca das dificuldades de aprendizagem das FO e os instrumentos didáticos sugeridos para minimizar tais dificuldades, nota-se que há meios para promover um ensino e aprendizagem de qualidade. Para tanto, os resultados apresentados nesse estudo propicia reflexões acerca do contexto histórico-epistemológico do conteúdo em tela, bem como, sua organização no ensino habitual, visando construir práticas pedagógicas

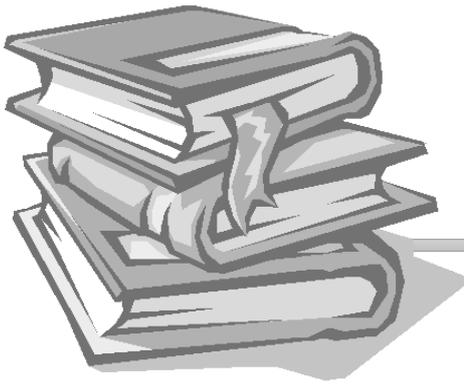
mais eficientes. Além disso, ressalta-se ainda que os achados desse estudo não poderão ser generalizados para os demais conteúdos e contextos.

Nesse sentido, destaca-se ainda a necessidade de desenvolver pesquisas que tenham como objetivo entender os processos de ensino e aprendizagem, analisando-os em fontes teóricas e contextos distintos, tendo em vista, a recorrência dos erros dos alunos (dificuldade de aprendizagem) após a intervenção didática. De modo a possibilitar melhorias constantes no processo de formação do educando.

Por fim, objetivando responder o questionamento presente no título da pesquisa, a partir da execução da sequência didática foi possível destacar quais as influências da Neurociência Cognitiva, especificamente da atenção seletiva podem favorecer a aprendizagem das Funções Orgânicas. Dentre elas, ressalta-se:

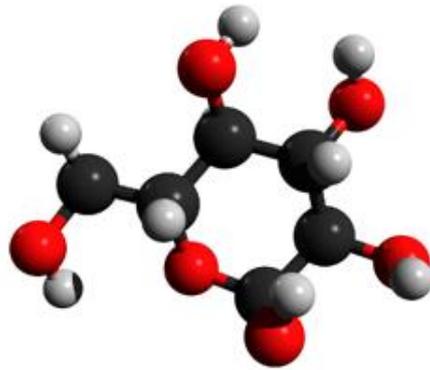
- A utilização de recursos visuais como imagens de substâncias, desenhos das estruturas moleculares em duas dimensões;
- Estímulos multissensoriais físicos, como a utilização de substâncias presentes no cotidiano dos alunos, a saber: detergente, café, ureia, medicamentos (aspirina, dipirona, ácido ascórbico), propanona (acetona), bem como as fórmulas estruturais confeccionadas com o auxílio do kit molecular;
- Estímulos auditivos como a leitura e associação das características/fatos das substâncias estudadas;
- As imagens-alvo (Apêndice I) utilizadas para estimular a percepção dos estudantes.

Para tanto, os resultados encontrados ao longo da pesquisa demonstraram possibilidades de realização de novos trabalhos, a serem desenvolvidos baseando-se na Neurociência Cognitiva, de modo especial, a atenção seletiva relacionados ao ensino de química. Desse modo, ressalta-se o interesse do pesquisador em desenvolver novos estudos que visem responder a seguinte questão: Como a análise termográfica pode auxiliar na identificação das regiões cerebrais que são mais influenciadas pela atenção seletiva durante a aprendizagem de conteúdos químicos?



# REFERÊNCIAS

---



## REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. A passagem da alquimia à química: uma história lenta e sem rufar de tambores. **ComCiência nº.130** Campinas 2011. Disponível em: <[http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542011000600012&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542011000600012&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 03 abril 2021.
- ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. 1. ed. Curitiba: UFPR, 2007.
- ALMOULOUD, S. A.; SILVA, M. J. F.. Engenharia didática: evolução e diversidade. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012.
- ALVES, Luciana; BIANCHIN, Maysa Alahmar. O jogo como recurso de aprendizagem. **Rev. psicopedag.**, São Paulo , v. 27, n. 83, p. 282-287, 2010 . Disponível em <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84862010000200013&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862010000200013&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 27 dez. 2021.
- AMARAL, L.; ALTSCHULLER, B. **Química Orgânica**. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1973.
- ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, 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, p. 182-192, Dezembro 2000. ISSN 2.
- ARTIGUE, M. Épistémologie et didactique. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 10-2, n. La Pensée Suavage-Éditions, p. 241-286, 1990. ISSN 3.
- ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 9, n. La Pensée Suavage-Éditions, p. 281-308, 1998. ISSN 3.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. **A Epistemologia**. 70. ed. Lisboa: [s.n.], 2006.
- BASTOS, L. S. D.; ALVES, M. P. As influências de Vygotsky e Luria à neurociência contemporânea e à compreensão do processo de aprendizagem. **In. Revista Práxis**, v. 5, p. 2, 2013. ISSN 10.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociência**: desvendando o sistema nervoso. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2017.
- BEDIN, E. Neurociência na formação docente: a qualificação dos processos de ensino e aprendizagem em química. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**. Florianópolis, SC, Brasil: [s.n.]. 25 a 28 de Julho de 2016.

- BENCZIC, E. B. P.; CASELLA, E. B. Atenção. **Schelini, P. W. (Org.) Alguns domínios da avaliação psicológica**, Campinas, SP: Alínea, 2007. 31-58.
- BOSA, C. Atenção compartilhada e identificação precoce do autismo. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 15, n. 1, p. 77-88, 2002.
- BOUJON, C.; QUAIREAU, C. **Atenção e aproveitamento escolar**. 1. ed. São Paulo: Loyola, v. 1, 2000.
- BRANDÃO, M. L. **Psicofisiologia**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, v. 1, 1995.
- BRANDÃO, M. L. **As bases biológicas do comportamento: introdução à neurociência**. 1. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, v. 1, 2004.
- BRANDÃO, M. L. **As bases biológicas do comportamento: introdução à neurociência**. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, v. 2, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei n. 9394**, 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm)>. Acesso em: 22 Abril 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000. 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: 05 Maio 2021.
- 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**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 05 Maio 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc-etapa-ensino-medio>>. Acesso em: 06 Maio 2021.
- BRITO, F. I. G.; MEDEIROS, K. F.; LOURENÇO, J. M. Um estudo teórico sobre a sinterização na metalurgia do pó. **Revista Holos**, v. 3, n. 1, p. 204-2011, 2007.
- BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. **RDM**, v. 4, n. 2, p. 164-198, 1983.
- BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. São Paulo: Ática, v. 1, 2007.
- CAMPOS, A. R. **Uso de vídeos como ferramenta didática para o ensino de Funções Orgânicas no Ensino Médio**. 2019. Dissertação (Mestrado em química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Programa de Pós-graduação em Química, Rio de Janeiro, 2019. 100.
- CAMPOS, D. B. **Uma contribuição didática do uso do lúdico para o processo de ensino-aprendizagem de química orgânica: um estudo de caso no Curso de Tecnologia Mecânica na modalidade Produção Industrial de Móveis da UTFPR**.

2009. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências e Tecnologia) - Programa de Pós-graduação em ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009. 150.

CARAMORI, G. F.; OLIVEIRA, K. T. Aromaticidade - evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1871-1884, 2009.

CARREIRO, L. R. R.; TEIXEIRA, M. C. T. V. Avaliação da atenção. In **C. S. Hutz (Org.) Avanços em avaliação psicológica e neuropsicológica de crianças e adolescentes II**, São Paulo: Casa do Psicólogo, 2012. 57-92.

CARTER, R. **O livro do cérebro**. Rio de Janeiro: Agir, 2012.

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**, v. 24, n. 4, p. 798-809, 2011.

CEDRAN, J. C.; FILHO, O. S. A estrutura dos compostos orgânicos em livros didáticos de nível superior: análise sob a perspectiva de Bachelard. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 9, n. 4, p. 376-405, Out/Dez 2019.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 1. ed. [S.l.]: Jui: UNIJUI, v. 1, 2000.

COMERLATO, F. **O fogo e a humanidade**. Seminário: ciências sociais e humanas. Londrina, V. 32, n. 2. 2011. p. 205-208.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CORTESE, S. S.; MATTOS, P.; BUENO, J. R. Déficits atentos e antidepressivos. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, 1999. 79-85.

COSTA, G. G. **Práticas educativas no ensino de ciências nas séries iniciais: uma análise a partir das orientações didáticas dos parâmetros curriculares nacionais**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista-Campus Bauru, Bauru, 2005. 175.

DAMÁSIO, A. **O mistério da consciência**. 1. ed. São Paulo: Companhia das letras, v. 1, 1999.

DAMÁSIO, A. **E o cérebro criou o homem**. São Paulo: Companhia das letras, v. 1, 2011.

DIAS, A. I. M. Metodologias de ensino da química orgânica no ensino secundário. **Relatório de Estágio para a obtenção do Grau de Mestre em Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário**, Covilhã, Junho 2014.

EDELMAN, G. M. **Neural Darwinism**. New York: Basic Books, v. 1, 1987.

FARIAS, F. M. C. Química orgânica. **web.ccead.PucRio.br**, São Paulo, 2011.  
Disponível em: <Disponível em:  
[http://web.ccead.pucRio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\\_quimica\\_orgonica.pdf](http://web.ccead.pucRio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_quimica_orgonica.pdf)>. Acesso em: 23 Mar 2021.

- FELTRE, R. **Fundamentos da química**. São Paulo: Moderna, v. único, 1990.
- FELTRE, R. **Química orgânica**. 6ª. ed. São Paulo: Brasil: Moderna, v. 3, 2004.
- FERNANDES, C. T. *et al.* Possibilidades de aprendizagem: reflexões sobre neurociência do aprendizado, motricidade e dificuldade de aprendizagem em cálculo escolares entre sete e 12 anos. **In revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 21, n. 2, p. 395-416, 2015.
- FERRARI, E. A. M.; TOYODA, M. S. S.; FALEIROS, L. Plasticidade neural: relações com o comportamento e abordagens experimentais. **Psicologia: teoria e pesquisa**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 187-194, Mai-Ago 2001.
- FERREIRA, M. D. P. J. C. Estratégias para o ensino de química orgânica no nível médio: uma proposta curricular. **Acta Scientiae**, v. 11, n. 1, p. 101-118, 2009.
- FIGUEIREDO, G. L. D. C. Funções orgânicas e corrosão: o uso de histórias em quadrinhos no processo ensino-aprendizagem de química na educação de jovens e adultos - EJA. **Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense**, Niterói, 2017. 157.
- FILGUEIRAS, A. Abordagem neuropsicológica dos processos de orientação da atenção visuo-espacial e manutenção da concentração em atletas da categoria sub-13 de futebol de campo. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 2, p. 142-154, 2010.
- FILHO, C. M. O juramento de Hipócrates e o código de ética médica. **Revista Residência Pediátrica**, v. 6, n. 1, p. 45-46, 2016.
- FILHO, M. C. A evolução da química: de Boyle a Lavoisier. **Revista Química Nova**, v. 7, n. 2, p. 93-95, 1984.
- FONSECA, L. S. Um estudo sobre o ensino de funções trigonométricas no Ensino Médio e no ensino superior no Brasil e França. **Tese de Doutorado – Universidade Anhanguera de São Paulo**. , São Paulo, 2015b. 495.
- FURTADO, J. F. Apresentação: A Terra e os homens sob fogo. **Varia hist.[online]**, v. 33, n. 63, p. 579-582 ISSN 0104-8775, February 2017.
- GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2006.
- GERMANO, C. M. Utilização de Frutas Regionais como Recurso Didático Facilitador na Aprendizagem de Funções Orgânicas. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**, Brasília, DF, Brasil, 21 a 24 Julho 2010.
- GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Química Nova**, v. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010.
- GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos.. **Química Nova na Escola**, p. 19-26, 2013.
- GOMES, C. J. C. "Obstáculos Epistemológicos no Processo de Alfabetização Científica: Um Estudo para a Formação do Professor das Séries Iniciais do Ensino

Fundamental". **Dissertação (mestrado) Programa de Pós graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2016.**

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. D. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, nov 2007.

GOMES, L. C. A. Funções Orgânicas e aulas temáticas: uma proposta de atividade em uma feira livre. **Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em ensino de ciências, PROPEC**, Rio de Janeiro, 2017.

GOMES, M. B. *et al.* O risco das aminas biogênicas nos alimentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 4, p. 1123-1134, 2014.

GONÇALVES, L. A.; MELO, S. R. A base biológica da atenção. **Arq Ciências Saúde UNIPAR**, v. 13, n. 1, p. 67-71, 2009.

GREENBERG, A. **Uma Breve História da Química: da alquimia às ciências moleculares modernas**. 5ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher, v. 1, 2009.

HOFMANN, A. W. On the combining power of atoms. **Proceedings of the Royal Institution**, v. 4, p. 401-430, 1865.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 2ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

JUSTINA, L. A. D. Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço coletivo de formação inicial de professores e pesquisadores de biologia. **Tese apresentada à 108 Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Bauru – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Ciências**, Bauru, 2011. 238.

KANDEL, E. R. **Princípios da Neurociência**. 4ª. ed. Barueri- SP: Manole - Trad. de Ana Carolina Guedes Pereira e cols. Revisão de Luiz Eugênio A. M. Mello e Luiz Roberto G. Britto, 2003.

KANDEL, E. R. *et al.* **Principles of Neural Science**. 5ª. ed. Nova York: McGraw-Hill, v. 1, 1991.

KANDEL, E. R. *et al.* **Princípios da Neurociências**. 5ª. ed. Brasil: MCGRAW-HILL, 2014.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Fundamentos da Neurociência e do comportamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil Ltda, v. 1, 1997.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Fundamentos da Neurociência e do comportamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 1, 2000.

KLEIN, D. **Química orgânica**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1 e 2, 2016.

KOLB; WHISHAW. **Neurociência do comportamento**. São Paulo: Manole, 2002.

LAMBACH, M. Portal dia a dia educação. **Sequência de Aulas –Compostos Orgânicos: sobrevivendo do lixo**. Secretaria do Estado da Educação, 2013. Disponível em:

<[http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/sequencia\\_aulas/sequencia\\_quimica\\_compostos\\_org\\_sobrev.pdf](http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/sequencia_aulas/sequencia_quimica_compostos_org_sobrev.pdf)>. Acesso em: 08 Fev 2021.

LAPA, W. P. F. M.; SILVA, J. C. S. Revisando as funções orgânicas oxigenadas com um jogo didático. **Revista Debates em Ensino de Química – REDEQUIM**, v. 2, n. 2 (ESP), 2016.

LEITE, V. M.; SILVEIRA, H. E.; DIAS, S. S. Obstáculos Epistemológicos em Livros Didáticos: Um estudo das imagens de átomos. **Revista Virtual Candombá**, v. 2, n. 2, p. 72-79, Jul-Dez 2006.

LEITE, H. O desenvolvimento da atenção voluntária na compreensão da psicologia histórico-cultural: uma contribuição para o estudo da desatenção e dos comportamentos hiperativos. UEM - 2010. Disponível em <[www.ppi.uem.br/Dissert/PPI-UEM\\_2010\\_Hilusca.pdf](http://www.ppi.uem.br/Dissert/PPI-UEM_2010_Hilusca.pdf)>, acesso em 22/12/2021

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais**. 1ª. ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de Neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2002 e 2005.

LENT, R. **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

LÉVI-STRAUSS, C. **O cru e o cozido. Mitológicas**. 1. ed. São Paulo: Cosac & Naify, v. 1, 2004.

LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciência & Cognição**, v. 6, p. 113-122, 2005.

LLINÁS, R. **I of the Vortex: From Neurons to Self**. Cambridge: MIT Press, 2002.

LOPES, A. R. C. Livros Didáticos: Obstáculos Verbais e Substancialistas\* ao Aprendizado da Ciência. **Revista Bras. Est. Pedag**, Brasília, v. 74, n. 177, p. 309-334, Mio/ago 1993.

LOPES, A. R. C. Bachelard: filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense Ens. Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

LOPES, E. J. *et al.* **Revolução cognitiva e processamento de informação sessenta anos depois: retrospectiva e tendências**. Memorandum, 35. [S.l.], p. 40-64. 2018.

LURIA, A. **Curso de Psicologia geral**. 1. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, v. 4, 1979.

LURIA, A. **Higher cortical Functions in Man**. Nova York: Basic Books, 1980.

MARTINA, A. R. Supporting student's learning with multiple visual representations. In: HORVATH, J. C.; LODGE, J. M.; HATTIE, J. (Eds). *From the laboratory to the classroom: translating science of learning for teachers*. 1. ed. New York: Routledge, 2017. Cap. 9.

MASTERTON, W. L. . H. C. N. **Química Princípios e Reações**. Ed. Arte e Ideia. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2010.

MATURANA, H.; VARELA, F. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano**. 1. ed. Campinas: Psy II, 1995.

MEDEIROS, D. R. E. L. A. S. B. **Carbônus**: plataforma virtual para apoio ao ensino-aprendizagem de química orgânica. Educação (WCBIE 2017) VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE). [S.l.]: [s.n.]. 2017.

MELO, R. M.; NETO, E. G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2012.

MEYER, E. V.; MCGOWAN, G. **A history of chemistry: from the earliest times to the present day**. New York: The Macmillan Company, 1906.

MONTEIRO, E. D. N. Sequência didática, com abordagem CTSA, para o estudo das funções orgânicas. **Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói**, 2016.

MOREIRA, É. S. Os neurônios, as sinapses, o impulso nervoso e os mecanismos morfo-funcionais de transmissão dos sinais neurais do sistema nervoso. **UniFOA, Volta Redonda**, 2017. p. 81.

MUNIZ, S. R. O que é a matéria? E de que ela é feita? Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada (CEPA) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) – Projeto Licenciatura em ciências. **edisciplinas.usp.br**, 2016. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/398877/mod\\_resource/content/1/plc0003\\_01.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/398877/mod_resource/content/1/plc0003_01.pdf)>. Acesso em: 06 Jul 2021.

NASCIMENTO, R. M. D. Dificuldades de aprendizagem: as contribuições da neurociência para o ensino de matemática. **Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Cidade de São Paulo (UNICID)**, São Paulo, 2015. 113. Disponível em: <https://www.unicid.edu.br/wp-content/uploads/2016/04/Disserta%C3%A7%C3%A3oRosilene-Maria-do-Nascimento.pdf> >. Acesso em: 03 mar. 2021.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, uso e possibilidades. **Cadernos de pesquisa em administração**, São Paulo, V.1, n. 3, 1996.

OLIVEIRA, A. P. S.; BINSFELD, S. C. Contribuições do Jogo Didático na Aprendizagem de Funções Orgânicas no Ensino Médio. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**, Florianópolis, SC, Brasil, 25 a 28 julho 2016.

OLIVEIRA, G. G. Neurociências e os processos educativos: um saber necessário na formação de professores. **Educação Unisinos**, v. 18, n. 1, p. 13-24, 2014.

OLIVIER, L. D. **Distúrbios de aprendizagem e de comportamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Wak, 2006.

PASHLER, H.; JOHNSTON, J.; RUTHRUFF, E. Attention and performance. **Ann. Rev. Psychol**, v. 52, p. 629-651, 2001.

PATÍÑO GUÍO, L. M. Compostos Orgânicos Voláteis em tintas imobiliárias: caracterização e efeitos sobre a qualidade do ar em ambientes internos construídos.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-23042014-095532/publico/Lydafinal.pdf> Acesso em: 18/12/2021.

PEKDAĞ, B.; AZIZOĞLU, N. Semantic mistakes and didactic difficulties in teaching the “amount of substance” concept: A useful model, *Chemistry Education Research and Practice*, v. 14, n. 1, p. 117-129, 2013.

PEREIRA JR, A. Questões Epistemológicas das Neurociências Cognitivas. **Trabalho, Educação, Saúde**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, 2010.

PEREIRA, A. What the cognitive neurosciences mean to me. **Mens Sana Monographs**, v. 5, n. 1, p. 158-168, 2007.

PEREIRA, A. W.; FERNANDEZ, P. R. D.; BIZERRA, A. M. C. A produção de sabão como recurso pedagógico para o ensino de funções orgânicas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, 2019. ISSN e84922119,(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409.

PERUZZO, F. M. **Química na Abordagem do Quotidiano**. Tito e Canto. ed. São Paulo, Brasil: Moderna Ltda, v. 3 - Química Orgânica, 1998.

PIAGET, J. **Seis estudos de Psicologia**. Título original: Six études de psychologie. 1964. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1967.

PIAGET, J. **L'équilibration des structures cognitives**. Paris: PUF, 1975.

PIMENTA, S. G. **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 2ª. ed. São Paulo: Cortez, 1999.

PIMENTEL, A. Jogo e desenvolvimento profissional: análise de uma proposta de formação continuada de professores. **Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade de São Paulo**, São Paulo, SP, Brasil, 2004. 225p.

PORTES, D. S. A importância das neurociências na formação do professor de inglês. **Rev. Psicopedagogia**, v. 98, n. 32, p. 168-181, 2015.

PORTO, P. A. Os três princípios e as doenças: a visão de dois filósofos químicos. **Química Nova**, v. 20, n. 5º, p. 569-572, 1997.

PORTO, P. A. Os primeiros desenvolvimentos do conceito helmontiano de gás – parte II. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 141-146, 2003.

PRADO, M. E. B. B. Articulações entre áreas de conhecimento e tecnologia. Articulando saberes e transformando a prática. In: **BRASIL, Ministério da Educação. Integração das Tecnologias na Educação. Secretaria de Educação à distância**, Brasília, 2005. p. 54-58. Disponível em:< [http://tvescola.mec.gov.br/images/stories/publicacoes/salto\\_para\\_o\\_futuro/livro\\_salto\\_tecnologias.pdf](http://tvescola.mec.gov.br/images/stories/publicacoes/salto_para_o_futuro/livro_salto_tecnologias.pdf)>. Acesso em: 19 mai. 2021.

PYLYSHYN, Z. *et al.* Multiple Parallel Access in Visual Attention. **Can. J. Exp. Psychol**, v. 48, n. 2, p. 260-283, 1994.

REZENDE, M. R. K. F. A Neurociência e o ensino-aprendizagem em ciências: um diálogo necessário. **Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia. Universidade do Estado do Amazonas**, Manaus, 2008.

REIS, Elizabeth. **Estatística descritiva**. Lisboa: Silabo, ed. 4, 1998.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**, Florianópolis, SC, Brasil, 25 a 28 Julho 2016.

RODRIGUES, S. D.; CIASCA, S. M. Aspectos da relação cérebro-comportamento: histórico e considerações neuropsicológicas. **Rev. Psicopedagogia**, v. 27, n. 82, p. 117-126, 2010.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino de química orgânica. **Quim. Nova**, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

ROSA, G. D. A.; GALVÃO, A. C. T. Diferenças de conhecimento prévio e processos de estudo: interações entre nível de expertise e aprendizagem. *Acta Scientiarum. Education Maringá*, v.39, n. 3, p. 319-328, July-Sept., 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciEduc/article/view/27902/19239> Acesso em: 24/12/2021.

RUSSELL, J. V. Using games to teach chemistry. **Jornal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, p. 481-484, 1999.

RUSSO, J. A.; PONCIANO, E. T. O Sujeito da Neurociência: da Naturalização do Homem ao Re-encantamento da Natureza.. **PHYSIS: Rev. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 345-373, 2002.

SANTANA, E. M.; REZENDE, D. B. **O Uso de Jogos no ensino e aprendizagem de Química: Uma visão dos alunos do 9º ano do ensino fundamental**. Atas do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ). Curitiba, Brasil: [s.n.]. 2008.

SANTOS, A. R.; COSTA, E. S. C.; SILVA, E. L. Da medicina de Hipócrates ao início da química de Boyle: um olhar da filosofia e história da química. **XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)**, Salvador, BA, Brasil, 17 a 20 julho 2012.

SANTOS, F. M. R. D.; SOUZA, R. P. L. D. O Conhecimento no Campo de Engenharia e Gestão do Conhecimento. **Revista Perspectiva em Ciência da Informação**, 2010.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico**. 1. ed. Lisboa: Horizonte, 1998.

SANTOS, N. Q. Obstáculos epistemológicos de Bachelard: análise do tema água em livros didáticos de ciências do sexto ano do ensino fundamental. **Dissertação (mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Cascavel, centro de ciências exatas e tecnológicas, Programa de Pós-graduação em Educação em ciências e Educação Matemática**, Cascavel, PR, 2019.

SANTOS, R. L.; CRUZ, F. G. A matemática de René Descartes. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**, v. 03, n. 08, p. 30-46, 2016.

SANTOS, W.; MÓL, G. **Química cidadã**. 2ª. ed. São Paulo: AJS, v. 3, 2013.

SCHEFFER, E. W. O. Química: ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica. **Dissertação, Universidade Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em educação**, Curitiba, 1997.

SCHIFFMAN, H. R. **Sensação e percepção**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

SILVA, E. R. G. *et al.* Processamento cognitivo da informação para tomada de decisão. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 25-39, JAN/JUN 2011.

SILVA, H. C. A utilização da temática frutas para o ensino de funções orgânicas oxigenadas e nitrogenadas no ensino médio. **Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química**, Fortaleza, 2017.

SILVA, J. E. Pistas orgânicas: uma atividade lúdica para o ensino das funções orgânicas. **Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós graduação em Química**, Natal/RN, 2013.

SILVA, K. S. A neurociência cognitiva como base da aprendizagem de geometria molecular: um estudo sobre atributos do funcionamento cerebral relacionados à memória de longo prazo. **Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão, 2018. p. 201.

SILVA, L. H. D.; PINHEIRO, B. C. S. Produções científicas do antigo Egito: um diálogo sobre Química, cerveja, negritude e outras coisas mais. **Revista Debates Em Ensino De Química**, v. 4, n. 1, p. 5-28, 2018.

SILVA, L. P. Um estudo da atenção seletiva na aprendizagem das funções trigonométricas: etiologias e tipologias de erros na perspectiva da neurociência cognitiva. **Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão, 2019. p. 210.

SILVA, L. P. D.; SANTANA FILHA, L.; FONSECA, L. **Neurociência e etnomatemática: uma articulação possível**. In: XII Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”, 2018, São Cristóvão. Anais do XII Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. São Cristóvão: EDUCON. 2017. p. 1-12.

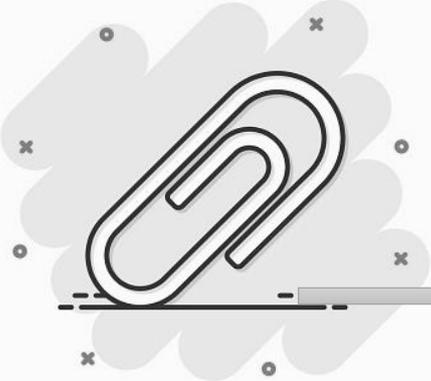
Disponível em:

[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9017/47/Neurociencia\\_e\\_etnomatemtica\\_uma\\_articulacao\\_o\\_possivel.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9017/47/Neurociencia_e_etnomatemtica_uma_articulacao_o_possivel.pdf). Acesso em: 12 mai. 2021.

SOARES, E.; ANDRADE, P. E.; GOULART, F. C. Neurociência e Educação: memória e plasticidade. In: IN: CARVALHO, S. M. R.; BATAGLIA, P. U. R. **Psicologia e educação: temas e pesquisas**. Marília: Oficina Universitária. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. p. 51-82.

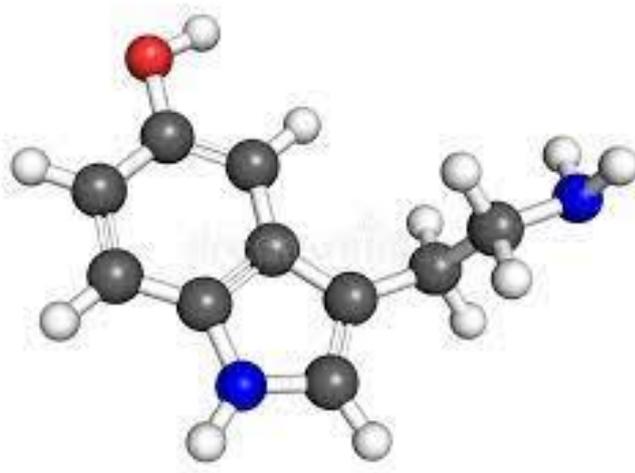
SOARES, M. H. F. B. Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino de Química: Teoria, Métodos e Aplicações. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**, Curitiba/PR, 21 a 24 julho 2008.

- SOHLBER, M. M.; MATEER, C. A. Effectiveness of an attention training program. **Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology**, 1987. 117-130. doi:10.1080/01688638708405352.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. vol. 1 e 2, 2009.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. Vol. 1, 648 P. Vol. 2, p. 644, 2012.
- STERNBERG, R. **Psicologia Cognitiva**. 4ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- STERNBERG, R. **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- STRATHERN, P.; 1940; BORGES, M. L. X. A. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química / Paul Strathern; tradução, Maria Luiza X. de A. Borges**. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.
- SUTTON, M. A forgotten triumph. **Chemistry World**, 2008. Disponível em: <<https://www.chemistryworld.com/feature/a-forgotten-triumph/3004463.article>>. Acesso em: 10 abr 2021.
- TABACOW, L. S. Contribuições da neurociência cognitiva para a formação de professores e pedagogos. **Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Pós-Graduação em Educação**, Campinas, 2006. 266p.
- TALAMONI, A. Anatomia, ensino e entretenimento. In: Os nervos e os ossos do ofício: uma análise etnológica da aula de Anatomia [online]. São Paulo: UNESP, 2014. p. 23-37. ISBN 978-85-68334-43-0. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/2s7y9/pdf/talamoni-9788568334430-03.pdf>. Acessado em: 23 Mai. 2021.
- TELES, K. I.; BELO, L. L. A.; SILVA, H. M. Efeitos da alimentação na evolução humana: uma revisão. **Conexão Ciên.**, Formiga/MG, v. 12, n. 3, p. 93-105, 2017.
- VARGAS, N. D. S. Aspectos históricos da alquimia. **Junguiana**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 69-76, 2017.
- VIANA –PORTO, H.; BONINI, P. A. O processo de Elaboração da teoria Atômica de John Dalton. **Cadernos temáticos de Química Nova na escola**, n. 7, dezembro 2007.
- VIDAL, B. **História da química**. 70. ed. [S.l.]: Lisboa, v. 1, 1986.
- VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2006.
- WATANABE, M.; RECENA, M. C. P. Memória Orgânica – Um jogo didático útil no processo de ensino e aprendizagem. In: **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ. Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, PR, 2008**.
- ZABOT, L. A.; FOLLADOR, F. A. C. Química com arte: uma breve história da ciência química. **Os desafios da escola pública Paranaense na perspectiva do professor PDE**, Paraná, Volume 1, Versão online, 2014.



# APÊNDICES E ANEXOS

---



## APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E  
MATEMÁTICA  
SÃO CRISTÓVÃO/SE – BRASIL

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**(PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS - Resolução 466/12)**

Solicitamos sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho (a) \_\_\_\_\_ para participar, como voluntário (a), da pesquisa “INFLUÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NA ÁREA DE QUÍMICA: como os conhecimentos sobre atenção seletiva poderiam auxiliar na aprendizagem das Funções Orgânicas?”. Esta pesquisa é de responsabilidade do (a) pesquisador (a) Thiago de Carvalho Menezes, residente na Rua: Arnóbio Silva, nº 106, Bairro Luiz Loiola, Lagarto-SE. Contato: (079)99807-7942 (WhatsApp) ou (079)98831-9285 E-mail: thiago02@academico.ufs.br e está sob a orientação do Professor Dr. Laerte Silva da Fonseca, E-mail laerte.fonseca@uol.com.br.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com os pesquisadores acima informados e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde que o (a) menor faça parte do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine este documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde, não haverá penalização nem para o (a) Sr.(a) nem para o/a voluntário/a que está sob sua responsabilidade, bem como será possível ao/a Sr. (a) retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhuma penalidade.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

Convidamos o aluno, menor de 18 anos, a participar de uma pesquisa cujo objetivo é verificar o funcionamento da aprendizagem dos estudantes sob algumas abordagens metodológicas fundamentadas na Neurociência Cognitiva.

Trata-se de um trabalho interdisciplinar que integra os campos da psicologia cognitiva, neurociência e educação em prol do melhoramento das metodologias de ensino e aprendizagem em química. Na ocasião, serão testadas, sequências de ensino que privilegiem a seleção de alguns estímulos em detrimento de outros e acionem mecanismos atencionais para a resolução de tarefas educacionais, voltadas a disciplina de química. Para tanto, serão necessários quatro encontros presenciais compreendidos em até 2 meses.

- O primeiro encontro destina-se à avaliação de conhecimentos preliminares e de habilidades visuoespaciais em química, bem como a aplicação de uma sequência didática experimental que conta com a manipulação de materiais para a construção de moléculas referentes as Funções Orgânicas. Além disso, os discentes passarão por um teste psicológico atencional inicial, manipulado por um profissional autorizado, para verificar o nível de atenção dos mesmos.

- O segundo é destinado a separação dos grupos que farão parte da pesquisa, sendo o primeiro denominado de grupo controle (que assistirá as aulas ministradas normalmente pelo docente) e o segundo de grupo intervenção (que utilizarão recursos tecnológicos confeccionados e disponibilizados pelo pesquisador durante a sequência didática proposta).

- O terceiro é destinado à aplicação de uma sequência didática experimental que conta com a aplicação de um jogo didático (manual/virtual) acerca das principais Funções Orgânicas.

- O quarto momento destina-se à avaliação pós-intervenção didática e um teste psicológico atencional final, manipulado por um profissional autorizado, afim de propor dados comparativos acerca da melhoria do nível de atenção após a aplicação da sequência didática.

O aluno receberá, enquanto durar a pesquisa, tarefas de atividades visuoespaciais que deverão ser respondidas em casa.

1) Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em arquivo pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos. Os mesmos poderão ser divulgados somente em publicações científicas relacionadas à pesquisa.

2) O aluno será convidado a participar de fotografias relacionadas às questões discutidas pela pesquisa, não sendo, pois, realizados registros de sua imagem pessoal, uma vez que sua identidade será completamente preservada. Durante os momentos de

observação, havendo desconforto por parte do menor, as fotos serão suspensas assim que solicitado por ele;

3) Possuo, a qualquer tempo, o direito ao acesso às informações sobre procedimentos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para que sejam prestados os esclarecimentos que se fizerem necessários. Poderei também, tomar conhecimento dos resultados ao final desta pesquisa a partir das publicações científicas que serão realizadas;

4) Tenho a liberdade de desistir ou interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação e essa desistência não causará nenhum prejuízo a mim, nem ao menor sob minha responsabilidade;

5) Possuo a salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade dos dados informados;

6) A participação na pesquisa não implicará em qualquer tipo de despesa para mim e o menor, bem como não implicará em qualquer tipo de constrangimento ou risco;

7) Declaro haver lido o presente Termo e entendido as informações fornecidas pelo pesquisador e sinto-me esclarecido para autorizar a participação do menor de 18 anos em questão;

8) Tenho conhecimento de que em caso de quaisquer dúvidas sobre a pesquisa poderei entrar em contato pessoal com o pesquisador ou, ainda, utilizar o telefone que consta acima ou ainda diretamente no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, localizado a Cidade Universitária. Prof. Aloísio de Campos, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão – SE. Fone: (79) 3194/6797.

---

Assinatura do pesquisador (a)

## CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO DO/A VOLUNTÁRIO

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, responsável por \_\_\_\_\_, autorizo a sua participação na pesquisa, “INFLUÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NA ÁREA DE QUÍMICA: como os conhecimentos sobre atenção seletiva poderiam auxiliar na aprendizagem das Funções Orgânicas?” como voluntário(a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade para mim ou para o (a) menor em questão.

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_ do \_\_\_\_\_ (da) \_\_\_\_\_ responsável:

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.** 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

## APÊNDICE B – Termo de anuência para a realização da pesquisa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E  
MATEMÁTICA  
SÃO CRISTÓVÃO/SE – BRASIL

**TERMO DE ANUÊNCIA PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA**

As informações que seguem estão sendo fornecidas para a participação de alunos voluntários do 2º ano do EM dessa instituição numa pesquisa de mestrado. O tema da pesquisa é **INFLUÊNCIAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NA ÁREA DE QUÍMICA: como os conhecimentos sobre atenção seletiva poderiam auxiliar na aprendizagem das Funções Orgânicas?** e tem como objetivo verificar o funcionamento da aprendizagem dos estudantes sob algumas abordagens metodológicas fundamentadas na Neurociência Cognitiva.

Trata-se de um trabalho interdisciplinar que integra os campos da psicologia cognitiva, neurociência e educação em prol do melhoramento das metodologias de ensino e aprendizagem em química. Na ocasião, serão testadas, sequências de ensino que privilegiem a seleção de alguns estímulos em detrimento de outros e acionem mecanismos atencionais para a resolução de tarefas educacionais, voltadas a disciplina de química. Para tanto, serão necessários quatro encontros presenciais compreendidos em até 2 meses.

- O primeiro encontro destina-se à avaliação de conhecimentos preliminares e de habilidades visuoespaciais em química, bem como a aplicação de uma sequência didática experimental que conta com a manipulação de materiais para a construção de moléculas referentes as Funções Orgânicas. Além disso, os discentes passarão por um teste psicológico atencional inicial, manipulado por um profissional autorizado, para verificar o nível de atenção dos mesmos.

- O segundo é destinado a separação dos grupos que farão parte da pesquisa, sendo o primeiro denominado de grupo controle (que assistirá as aulas ministradas normalmente pelo docente) e o segundo de grupo intervenção (que utilizarão recursos tecnológicos confeccionados e disponibilizados pelo pesquisador durante a sequência didática proposta).

- O terceiro é destinado à aplicação de uma sequência didática experimental que conta com a aplicação de um jogo didático (manual/virtual) acerca das principais Funções Orgânicas.

- O quarto momento destina-se à avaliação pós-intervenção didática e um teste psicológico atencional final, manipulado por um profissional autorizado, afim de propor dados comparativos acerca da melhoria do nível de atenção após a aplicação da sequência didática.

O aluno receberá, enquanto durar a pesquisa, tarefas de atividades visuoespaciais que deverão ser respondidas em casa.

Quanto às questões éticas, o pesquisador garante a divulgação integral à escola e aos alunos dos resultados provenientes da pesquisa, além de manter em anonimato os nomes dos participantes e da escola.

Enquanto representante da instituição, concordo com a participação voluntária na pesquisa e poderei retirar meu consentimento a qualquer momento, antes ou depois da mesma, sem penalidades ou prejuízo.

Nome por

Extenso: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (SE), \_\_\_\_ de abril de 2021.

APÊNDICE C – TE1 – Teste de conhecimentos preliminares sobre noções de  
Funções Orgânicas

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECIMA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática</p>
---	---

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

**TE1 – Teste de conhecimentos preliminares sobre noções de Funções  
Orgânicas**

**1 - O que você entende por química orgânica?**

( ) Área da Química que estuda a composição do carbono.

( ) Área da Química que estuda a composição da matéria e suas transformações.

( ) Área da Química que estuda a estrutura, as propriedades, a composição, as reações e síntese de compostos orgânicos.

**2 - Qual a importância para sua vida em estudar química orgânica?**

( ) Entender como os compostos orgânicos são constituídos.

( ) Compreender sua relação com diferentes aspectos como a produção de roupas, materiais de borracha, alimentos, bebidas, fármacos, a criação de materiais para enxertos ou auxiliar em procedimentos médicos, entre outros.

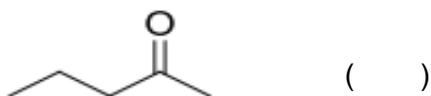
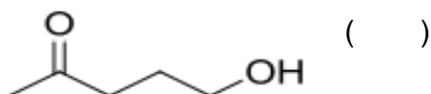
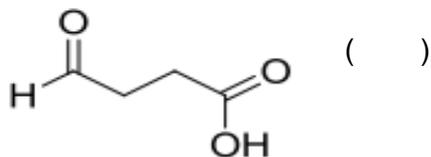
**3 – Na sua opinião, o que são Funções Orgânicas?**

( ) São grupos de compostos orgânicos que possuem propriedades químicas diferentes, devido à presença de átomos distintos em sua estrutura.

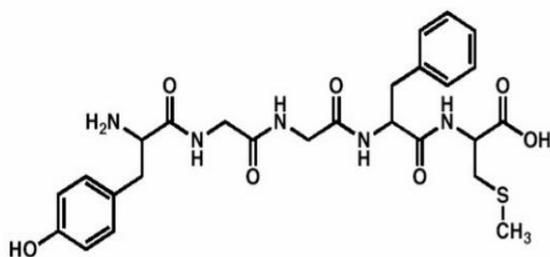
( ) São grupos de substâncias com propriedades químicas semelhantes, compostos por cadeias carbônicas e grupos funcionais específicos.

**4 – Descreva como as Funções Orgânicas estão presentes em nosso cotidiano? Justifique**

5 – Qual(is) da(s) estrutura(s) química(s) abaixo apresenta a função ácido carboxílico? Justifique.



6 – A molécula ilustrada abaixo é um tipo de endorfina, um dos neurotransmissores produzidos pelo cérebro.



Com base na imagem, circule na molécula, as Funções Orgânicas que é de seu conhecimento e atribua o nome de cada função no quadro abaixo.

--

## APÊNDICE D – TE2 – Reconhecimento dos grupos funcionais das F.O.

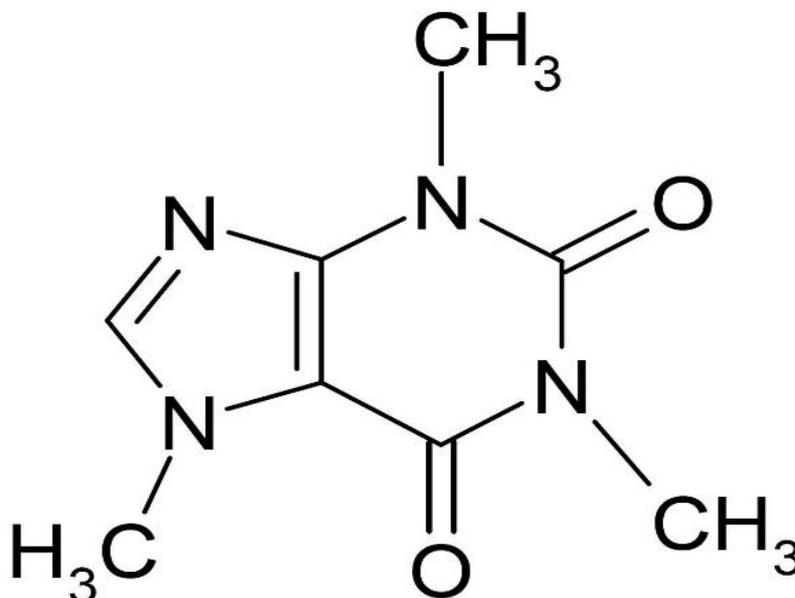
	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE          PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E          MATEMÁTICA – PPGEICIMA          MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA          Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências          Naturais e Matemática</p>
---	---

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

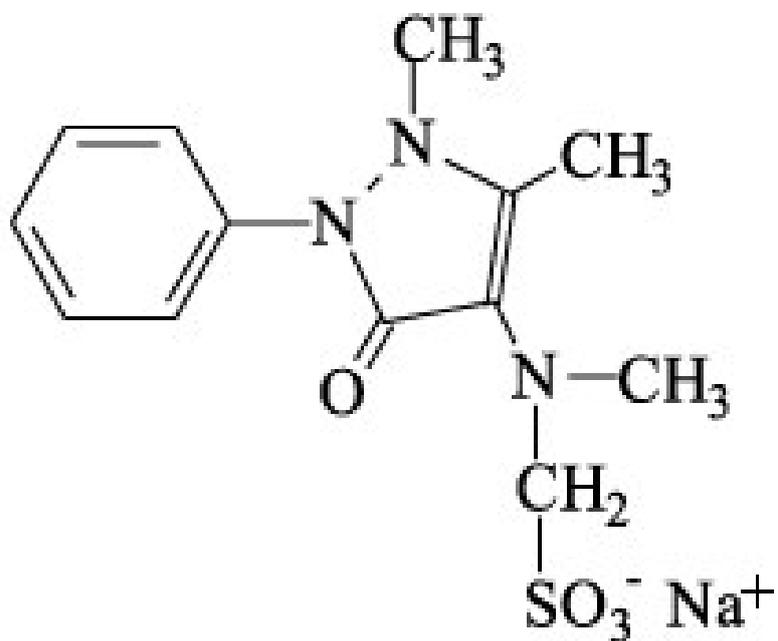
**TE2 – Reconhecimento dos grupos funcionais das F.O.**

Com base nas moléculas a seguir determine quais são as Funções Orgânicas presentes em cada uma delas. Obs: Em uma única molécula pode existir mais de um grupo funcional.

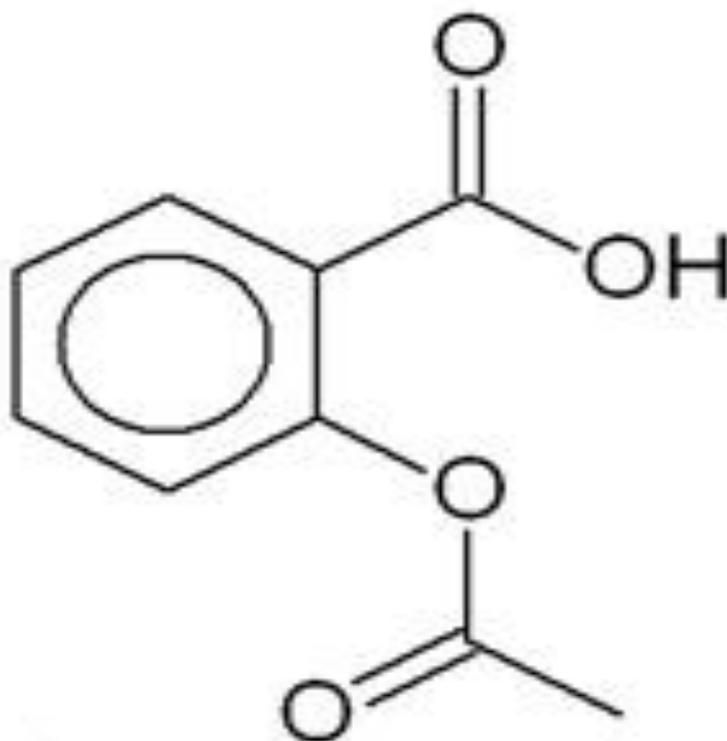
- 1) CAFEÍNA - 1,3,7-trimetil- 1H-purino- 2,6(3H,7H)-diona.



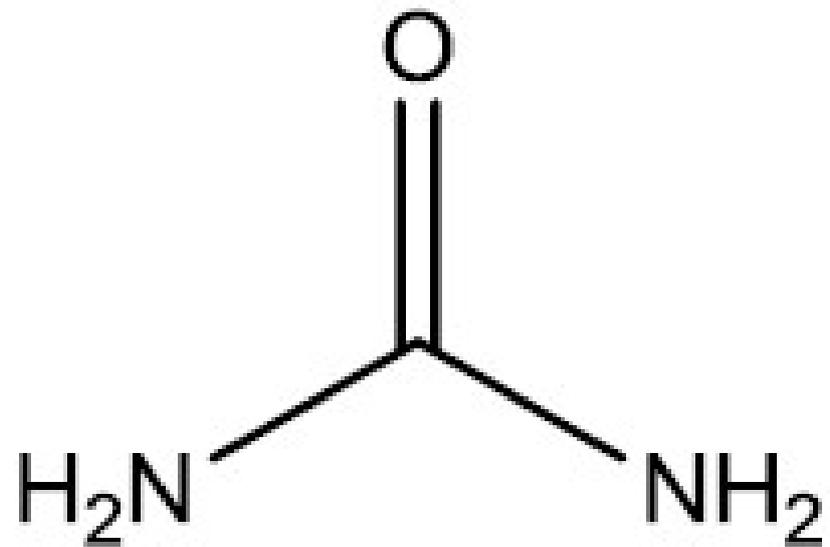
- 2) DIPIRONA - 2,3-diidro-1,5-dimetil-3-oxo-2-fenil-1*H*-pirazol-4-il – metilamino (Metamizol sódico).



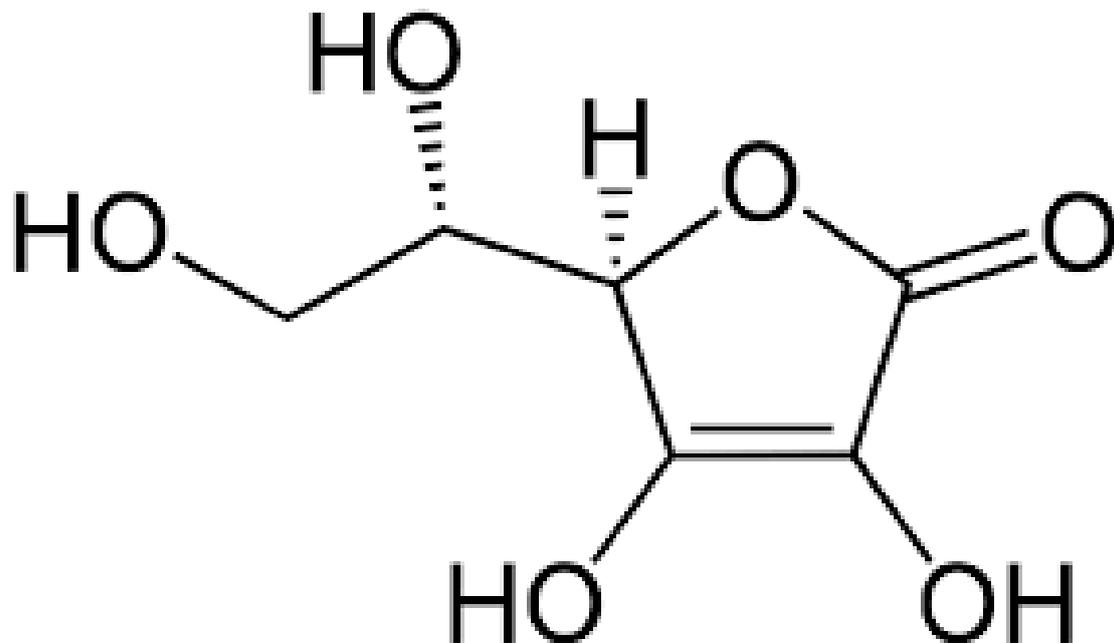
- 3) ASPIRINA (ácido acetilsalicílico) - ácido 2-acetoxibenzoico.



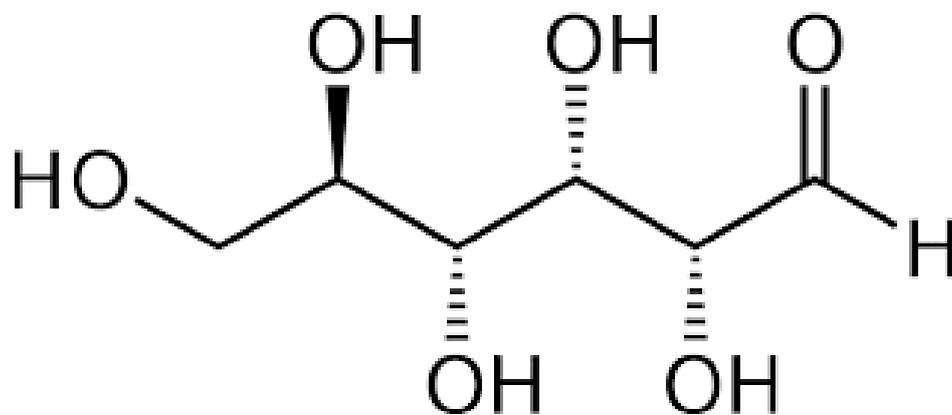
4) UREIA – Diamida de ácido carbônico.



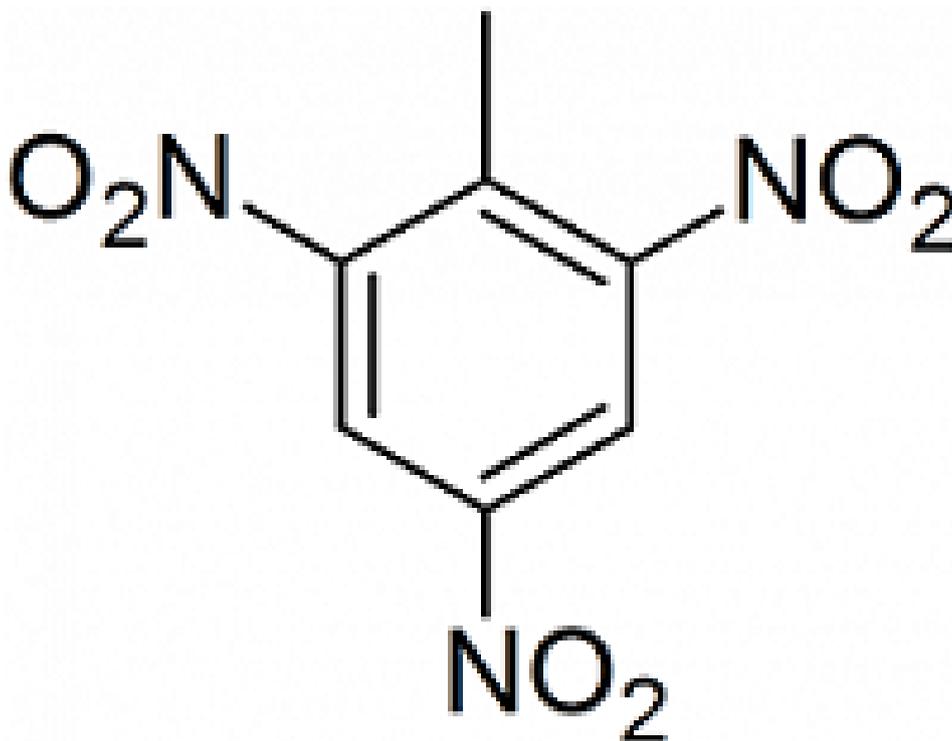
5) ÁCIDO ASCÓRBICO – (VITAMINA C) - 3-oxo-L-gulofuranolactona  
(5*R*)-5-[(1*S*)-1,2-diidroxietil]-3,4-diidroxifurano-2(5*H*)-ona.



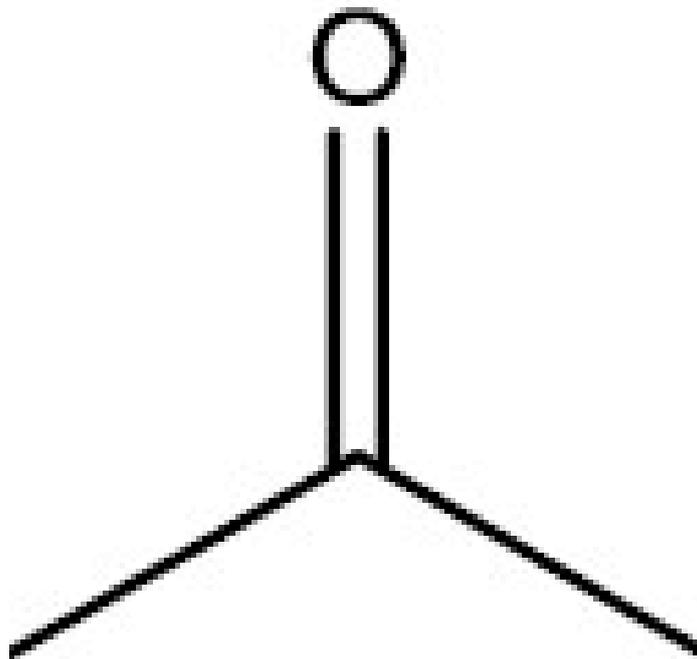
6) GLICOSE – D- GLUCOSE - 6-(hidroximetil) oxano-2,3,4,5-tetrol.



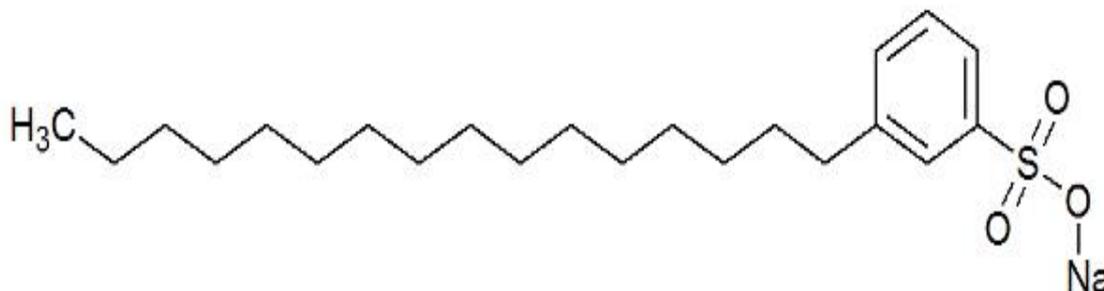
7) TNT – 2,4,6 - TRINITROTOLUENO (dinamite).



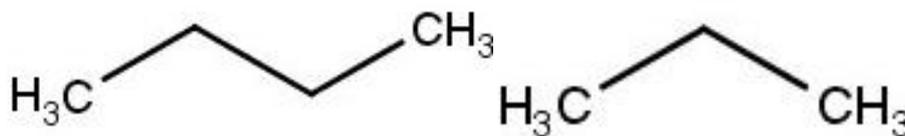
8) ACETONA – Propanona.



9) ESTRUTURA DO DETERGENTE – Dodecil – Benzeno – Sulfonato de Sódio.



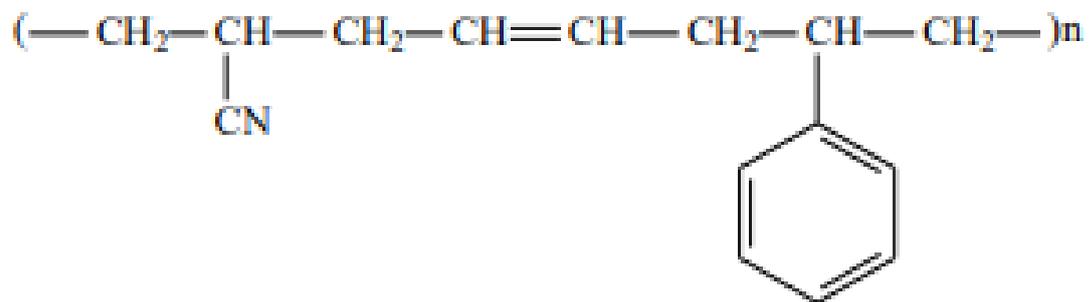
10) GÁS DE COZINHA (propano / butano).



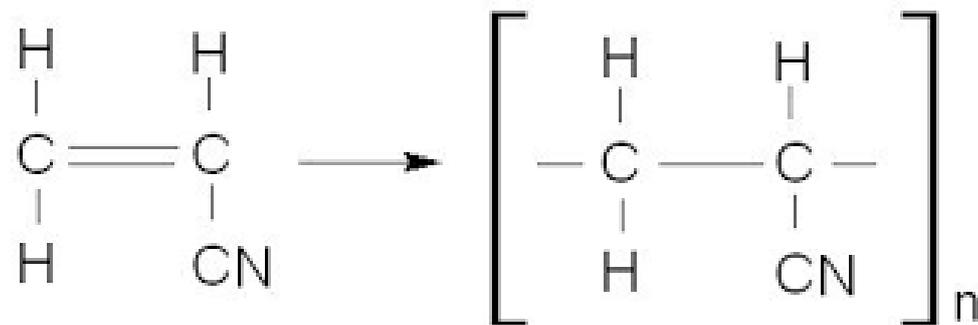
Butano

propano

11) ABS - acrilonitrila (A), but-1,3-dieno (B) e estireno (S do inglês *styrene*)



12) ACRILONITRILA E POLIACRILONITRILA



APÊNDICE E – **TE3** – Teste de transição da fórmula estrutural para a de linha e tipos de ligação dos átomos de C, N, O e H.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGEICIMA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática</p>
---	--

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

**TE3** – Teste de transição da fórmula estrutural para a de linha e tipos de ligação dos átomos de C, N, O e H.

**1** – Com base nas fórmulas escolhidas e confeccionadas na tarefa 04 do TE2, desenhe as fórmulas estruturais desses compostos e determine suas fórmulas moleculares.

**MOLÉCULA 01 - (Fórmula estrutural)**

**MOLÉCULA 02 - (Fórmula estrutural)**

**2** – Determine as fórmulas de linha das substâncias destacadas na questão 1.

**MOLÉCULA 01 - (Fórmula de linha)**

**MOLÉCULA 02 - (Fórmula de linha)**

**3 – Para cada átomo a seguir destaque quantas ligações cada um pode fazer.**

**C (carbono) =**

**N (nitrogênio) =**

**O (oxigênio) =**

**H (Hidrogênio) =**

**4 – Considerando a quantidade de ligações de cada átomo (C, N, O e H) e a fórmula destacada entre parênteses, desenhe as estruturas, representando os tipos de ligações entre os átomos, das moléculas a seguir:**

**Amônia (NH<sub>3</sub>)**



**Gás carbônico (CO<sub>2</sub>)**



**Água (H<sub>2</sub>O)**



**Ureia (CH<sub>4</sub> N<sub>2</sub>O)**



**Metano (CH<sub>4</sub>)**



## APÊNDICE F – Fatos históricos e características das moléculas estudadas

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE          PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E          MATEMÁTICA – PPGECIMA          MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA          Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências          Naturais e Matemática</p>
---	--

É encontrada naturalmente em grãos de café, folhas de chá e, em menor medida, na semente do fruto do cacaueteiro, na noz de cola e outras fontes vegetais sobretudo na América do Sul, como em sementes de guaraná.

Pode ajudar a prevenir Alzheimer e outras doenças, como diabetes tipo 2, depressão em mulheres e Parkinson.

O consumo excessivo dessa substância altera as estruturas químicas cerebrais, produzindo mais adenosina, podendo causar dependência e sintomas de abstinência, fadiga, dor de cabeça.

É considerada um analgésico, atuando principalmente no alívio da dor moderada ou intensa.

Também pode ser classificada como antitérmico atuando no combate à febre, com boa ação, especificamente em febres altas, acima de 38 graus.

É um inibidor da produção de prostaglandina, que são moléculas responsáveis por desencadear processos inflamatórios.

É utilizada na prevenção de eventos classificados como tromboembólicos, como por exemplo: infartos do miocárdio, embolia pulmonar, trombozes, AVC.

É considerado um composto orgânico cristalino, tóxico e incolor.

É considerado o principal produto presente no metabolismo proteico tanto dos seres humanos quanto dos demais animais classificados como mamíferos.

Substâncias orgânicas formadas de maneira sintética (em laboratório) e possuem como principal característica a capacidade de promover limpeza por meio de sua ação emulsificante.

Possui propriedades especiais como baixa densidade, estabilidade térmica, alta resistência e módulo de elasticidade, estabilidade a degradação por raios UV, não fundível e resistência química, geralmente é aplicado no ramo têxtil e de alta tecnologia.

As propriedades mais importantes dessa substância são: a resistência ao impacto e a rigidez. Pode ser aplicado na confecção de brinquedos, bens de consumo, telefones, capacetes de segurança, aparelhos domésticos, automóveis (painéis internos, pilares, assentos), entre outros.

APÊNDICE G – Atividades de reconhecimento dos grupos funcionais -  
ARGF01, 02 e 03

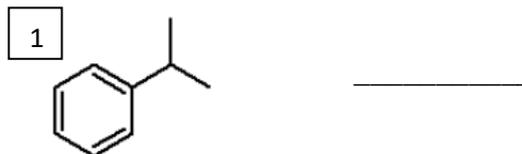
	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGEICIMA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática</p>
---	--

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

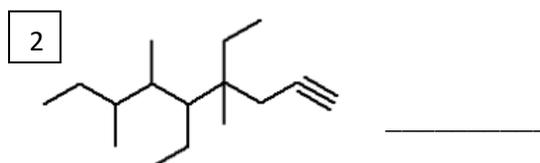
**ARGF01** – Atividade de reconhecimento dos grupos funcionais -  
Hidrocarbonetos

1- O que você entende por hidrocarbonetos?

moléculas representadas a seguir e classifique-as quanto ao grupo pertencente (alcano, alceno, alcino, alcadieno, ciclanos, ciclenos e aromáticos).



2 – Como os hidrocarbonetos podem ser classificados?



3 – Com base na molécula do gás de cozinha (BUTANO), abaixo, classifique qual o grupo dos hidrocarbonetos, ela pertence.



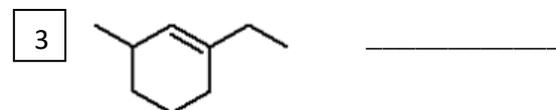

---



---



---



4 – Considerando as classificações dos hidrocarbonetos, observe as

5 – Considere a tabela abaixo para nomear os hidrocarbonetos.

Nº de Carbono	Tipo de ligação	Terminação do nome
1C - MET	Simples "AN"	O
2C - ET		
3C - PROP		
4C - BUT	Uma dupla "EN"	
5C - PENT		
6C - HEX		
7C - HEPT	Uma tripla "IN"	
8C - OCT		
9C - NON	Duas duplas "DIEN"	
10C - DEC		



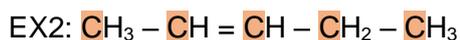
4C = BUT

Entre os carbonos existem apenas ligações simples, logo, utiliza-se o infixo "AN".

Todo hidrocarboneto finaliza sua nomenclatura com a letra "O".

Logo, a nomenclatura deste composto será:

"BUTANO"



5C = PENT

Entre os carbonos existem uma ligação dupla, logo, utiliza-se o infixo "EN".

Todo hidrocarboneto finaliza sua nomenclatura com a letra "O".

Logo, a nomenclatura deste composto será:

"PENTENO"



6C = HEX

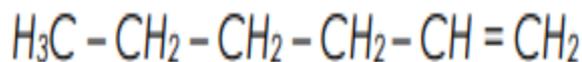
Entre os carbonos existem duas ligações duplas, logo, utiliza-se o infixo "DIEN".

Todo hidrocarboneto finaliza sua nomenclatura com a letra "O".

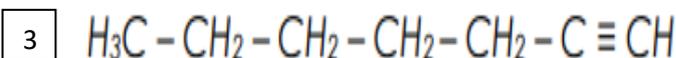
Logo, a nomenclatura deste composto será:

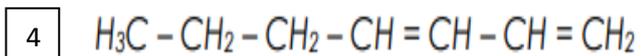
"HEXADIENO"

Considerando a tabela e os exemplos anteriores determine a nomenclatura dos compostos a seguir:



2





4

**6 – Com base nas estruturas representadas na questão anterior, determine suas respectivas fórmulas de linha.**

1

2

3

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE          PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E          MATEMÁTICA – PPGECIMA          MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA          Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências          Naturais e Matemática</p>
---	--

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

**ARGF02 – Atividade de reconhecimento dos grupos funcionais – Funções oxigenadas**

**1 - O que você entende por Funções Orgânicas oxigenadas?**

**Carbonila**

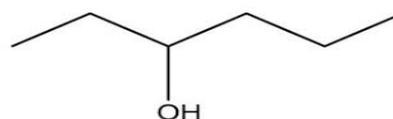
**2 – Como as Funções Orgânicas oxigenadas podem ser classificadas?**

**Carboxila**

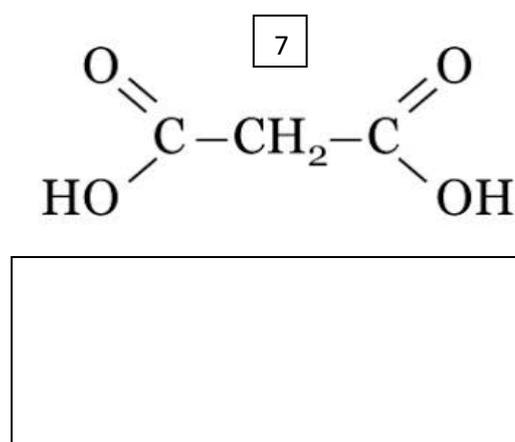
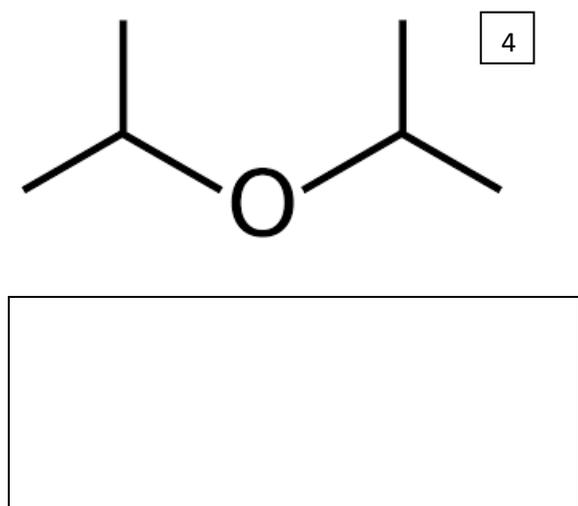
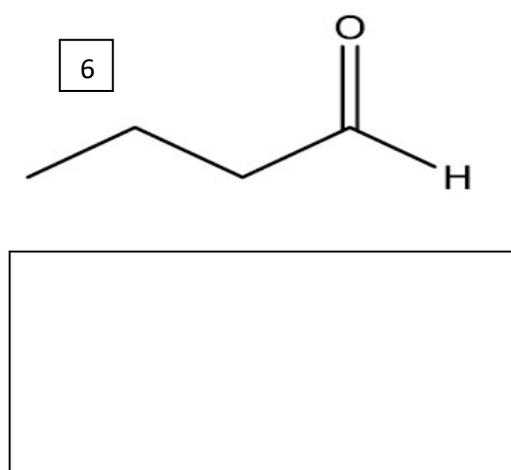
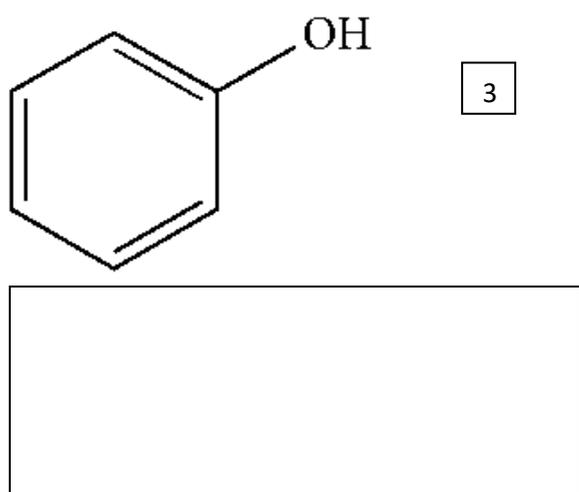
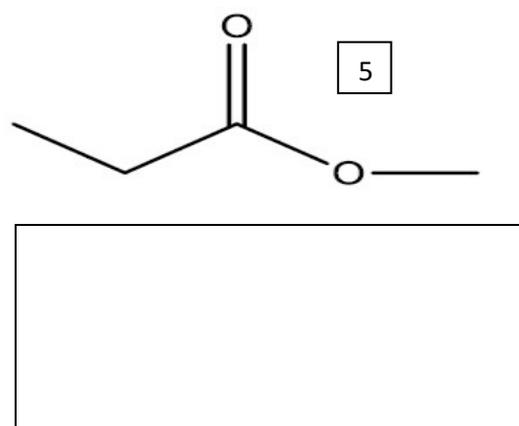
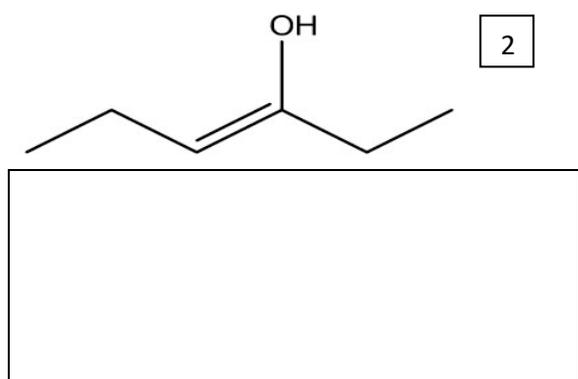
**3 – Descreva quais as funções oxigenadas apresentam em suas estruturas os seguintes radicais:**

**Hidroxila**

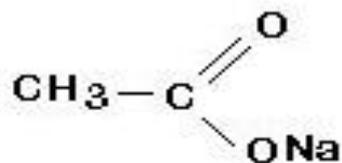
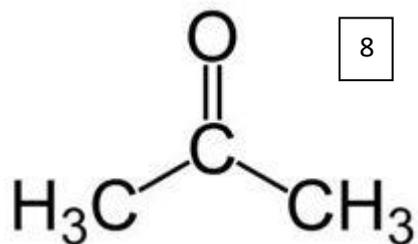
**4 - Com base nas moléculas a seguir, classifique qual o grupo das Funções Orgânicas oxigenadas, um pertence.**



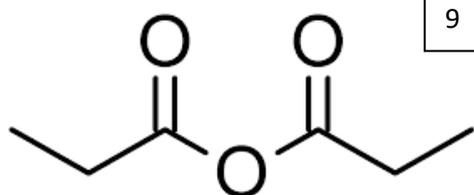
1



6

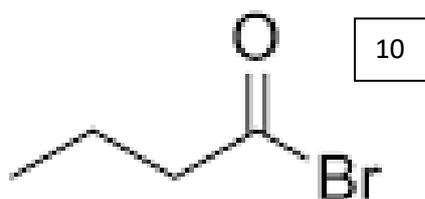


5 - Com base na tabela disponibilizada para resolução das ARGF's, determine a estrutura dos compostos abaixo:



PROPANONA (ACETONA)

ÁCIDO ACÉTICO (ETANÓICO - VINAGRE)



METANAL (FORMALDEÍDO - FORMOL)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
 MATEMÁTICA – PPGEICIMA  
 MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
 Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências  
 Naturais e Matemática

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

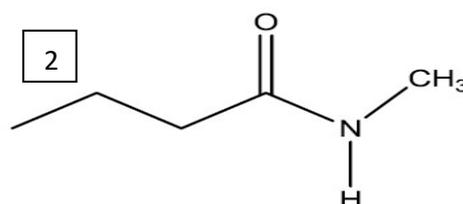
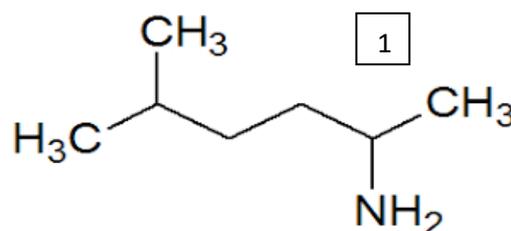
**ARGF03 – Atividade de reconhecimento dos grupos funcionais – Funções nitrogenadas e sulfuradas**

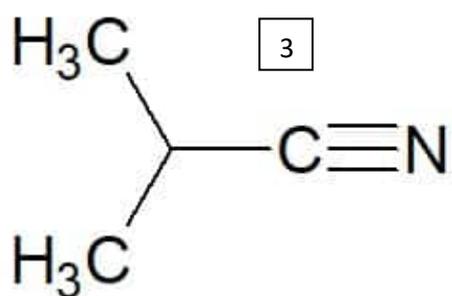
**1 - O que você entende por Funções Orgânicas nitrogenadas e sulfuradas?**

**2 - Como as Funções Orgânicas nitrogenadas podem ser classificadas?**

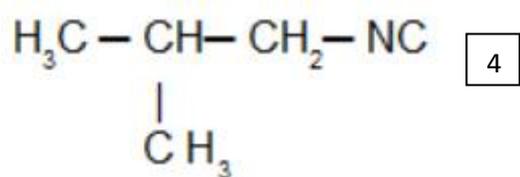
**3 - Como as Funções Orgânicas sulfuradas podem ser classificadas?**

**4 - Identifique a classificação das Funções Orgânicas nitrogenadas, ilustradas nas moléculas a seguir.**

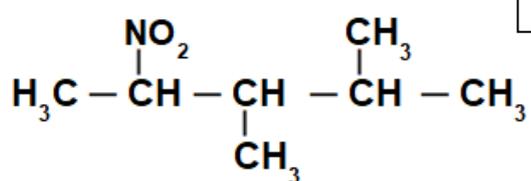




3

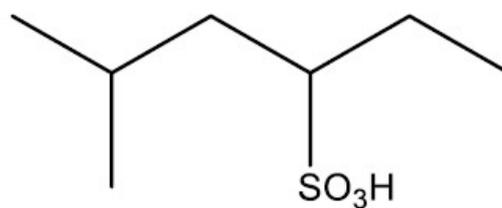


4

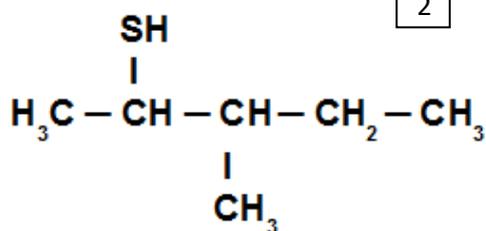


5

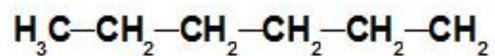
5 - Identifique a classificação das Funções Orgânicas sulfuradas ilustradas nas moléculas a seguir.



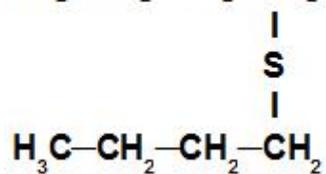
1



2



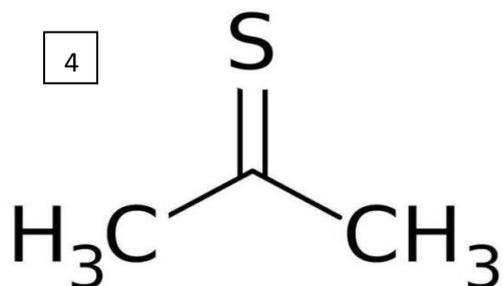
3




UREIA (CARBAMIDA)

ÁCIDO PENTANO SULFÔNICO

4




NITROPROPANO

6 - Com base na tabela disponibilizada para resolução das ARGF's, determine a estrutura dos compostos abaixo:

METANOAMINA

## APÊNDICE H – Guias de atividades 01 e 02

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGEICIMA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática</p>
---	--

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

**GAT01** – Guia de atividades – Funções Orgânicas**PARTE 1**

**1 – No primeiro encontro, foi solicitado que escolhesse duas moléculas que estavam representadas juntamente com os respectivos alimentos ou fármacos como amostra. Desse modo, quais as Funções Orgânicas estão presentes nas moléculas escolhidas? (individual)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**2 – Com base nas duas moléculas que estavam representadas juntamente com os respectivos alimentos ou fármacos, escolhidas no primeiro momento. Você se lembra a qual alimento ou fármaco a molécula 01 escolhida correspondem? O que te fez lembrar? (individual)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3 – Com base nas duas moléculas que estavam representadas juntamente com os respectivos alimentos ou fármacos, escolhidas no primeiro momento. Você se lembra a qual alimento ou fármaco a molécula 02 escolhida correspondem? O que te fez lembrar? (individual)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

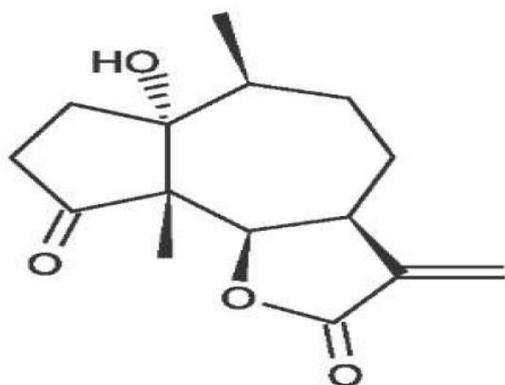
**4 – De acordo com a molécula impressa recebida, na fórmula de linha. Determine a fórmula estrutural desse composto. (individual)**

**5 – Com o auxílio do Kit molecular disponibilizado pelo professor, construa a molécula desenhada na questão anterior corrigindo os átomos e as ligações que foram esquecidos. (em grupo)**

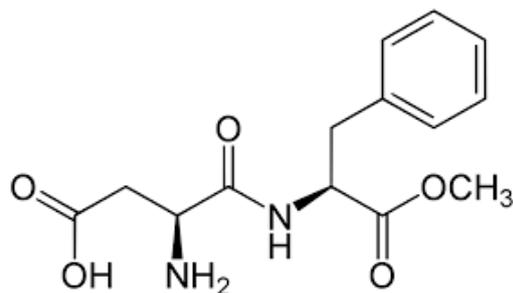
**6 – Compare as duas moléculas (a desenhada e a construída através do Kit molecular) e discuta com seu colega sobre a quantidade de ligações entre os átomos de C, N, O e H e como eles apresentam-se nas funções destacadas nesta molécula, em seguida faça as correções em seu modelo. (em grupo)**

PARTE 2

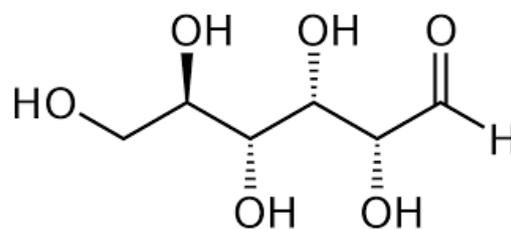
1 – De posse da tabela das Funções Orgânicas, circule somente os radicais do aldeído, cetona, ácido carboxílico, álcool, ácido sulfônico e amina, presentes nas moléculas abaixo.



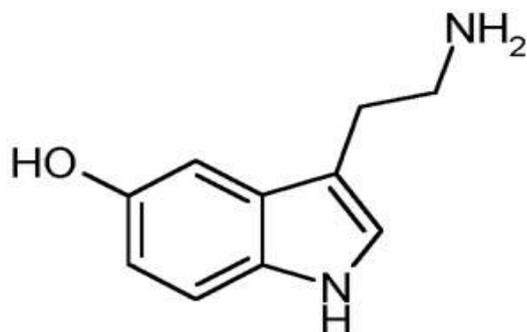
CORONOPILINA



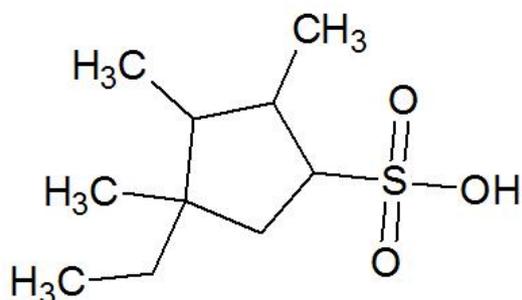
ASPARTAME



GLICOSE

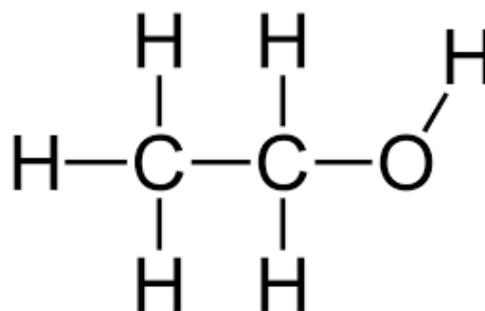


SEROTONINA

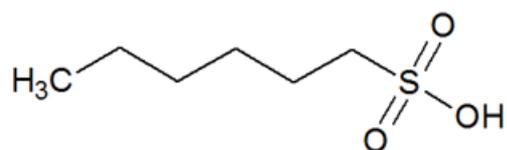
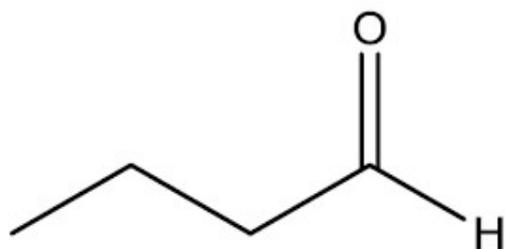
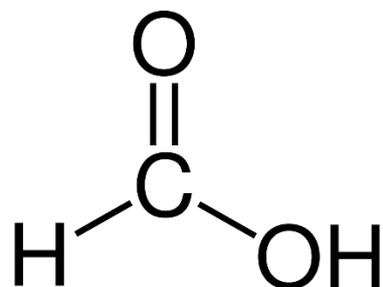
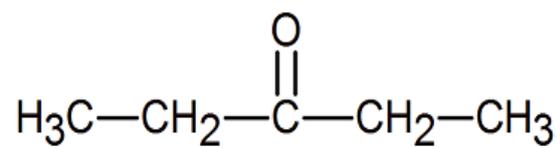


Ácido 4- etil-2,3,4-  
trimetilciclopentanossulfônico

2 – As moléculas ilustradas abaixo, representam algumas Funções Orgânicas, dentre tantas existentes. Com base nas figuras determine a nomenclatura de cada uma de acordo com a IUPAC.




---



3 – Após o login na plataforma *Wordwall* resolva a tarefa e faça o envio das respostas.



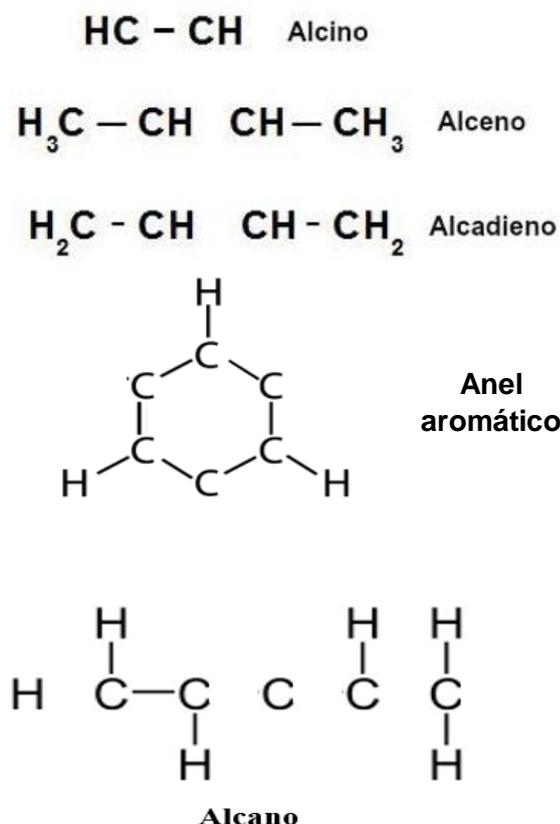
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
 MATEMÁTICA – PPGEICIMA  
 MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
 Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências  
 Naturais e Matemática

Nº de identificação do Aluno:		
Mestrando: Thiago de Carvalho Menezes	Orientador: Dr. Laerte Fonseca	Ano: 2021

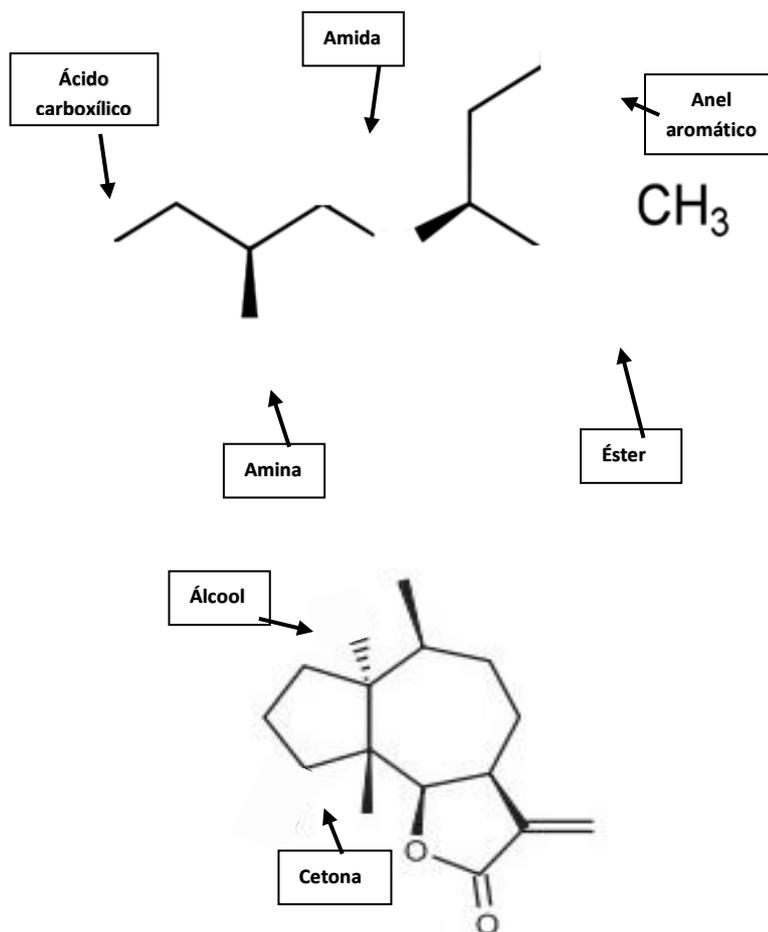
## GAT02 – Guia de atividades – Funções Orgânicas

### PARTE 1 - DISCENTE

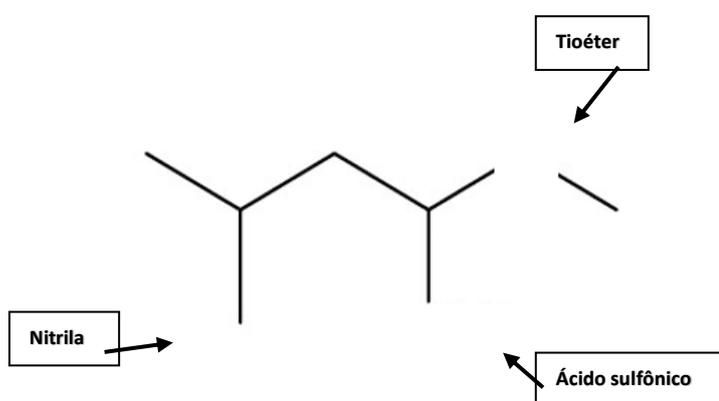
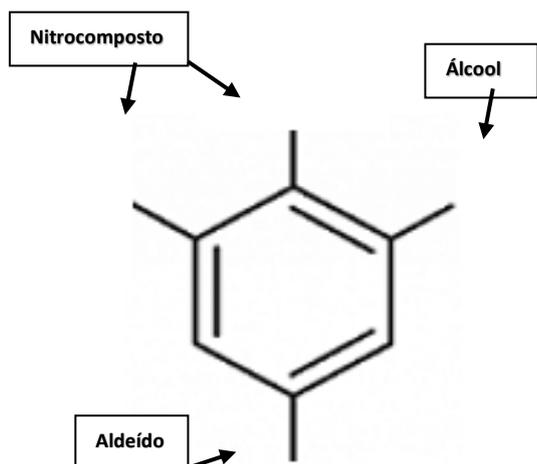
1 – Com base na Função Orgânica hidrocarbonetos e nos tipos de ligações que os átomos de C e H realizam, observe as estruturas a seguir e complemente-as conforme a classificação das funções indicadas individual).



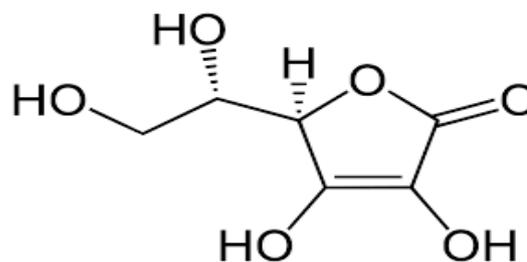
de C, N, O e H realizam, observe as estruturas a seguir e complemente-as com seus radicais, conforme a classificação das funções indicadas.



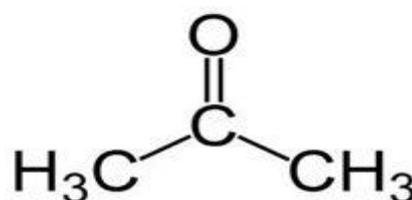
2 - Com base nas Funções Orgânicas oxigenadas, nitrogenadas e sulfuradas e nos tipos de ligações que os átomos



### ÁCIDO ASCÓRBICO



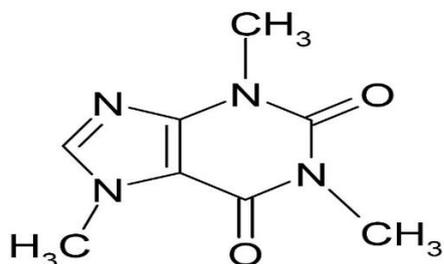
### PROPANONA



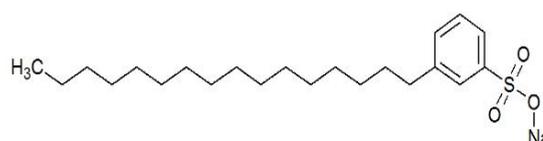
## PARTE 2 - PROFESSOR

1 – Com base nas moléculas já estudadas e ilustradas a seguir, aponte quais suas principais características e onde podemos encontra-las no cotidiano.

### CAFEÍNA



### DODECIL-BEZENO-SULFONATO DE SÓDIO



2 – De acordo com as moléculas ilustradas na questão anterior, explique por que, apesar de todas possuírem carbono e hidrogênio em sua composição, apresentam propriedades químicas diferentes.

---



---

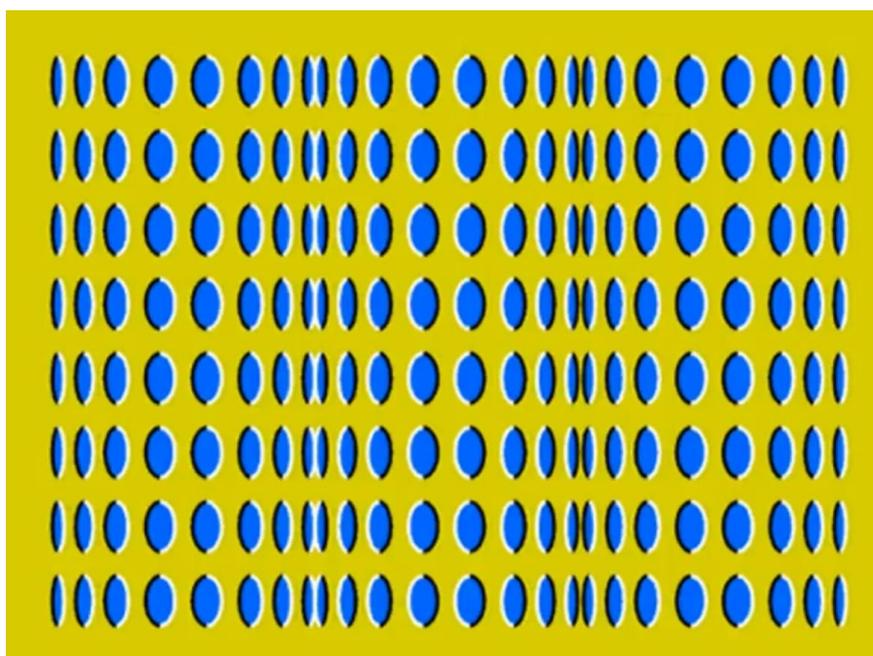
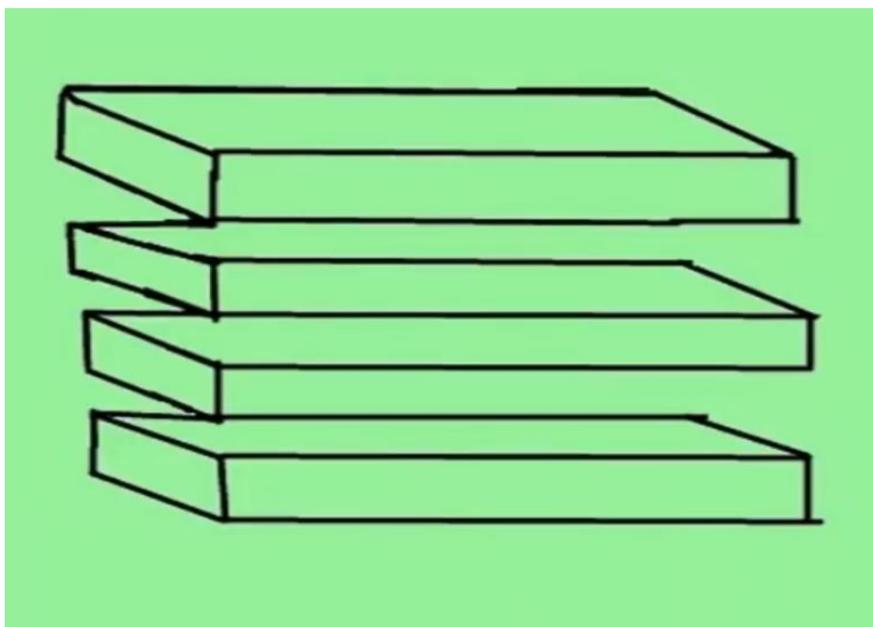


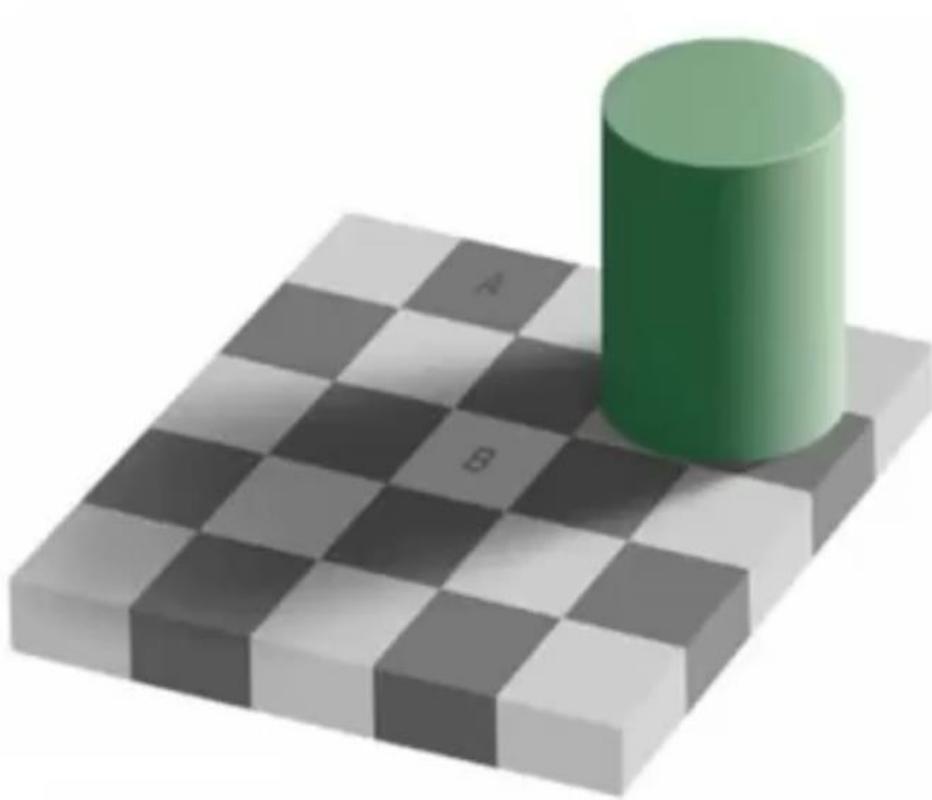
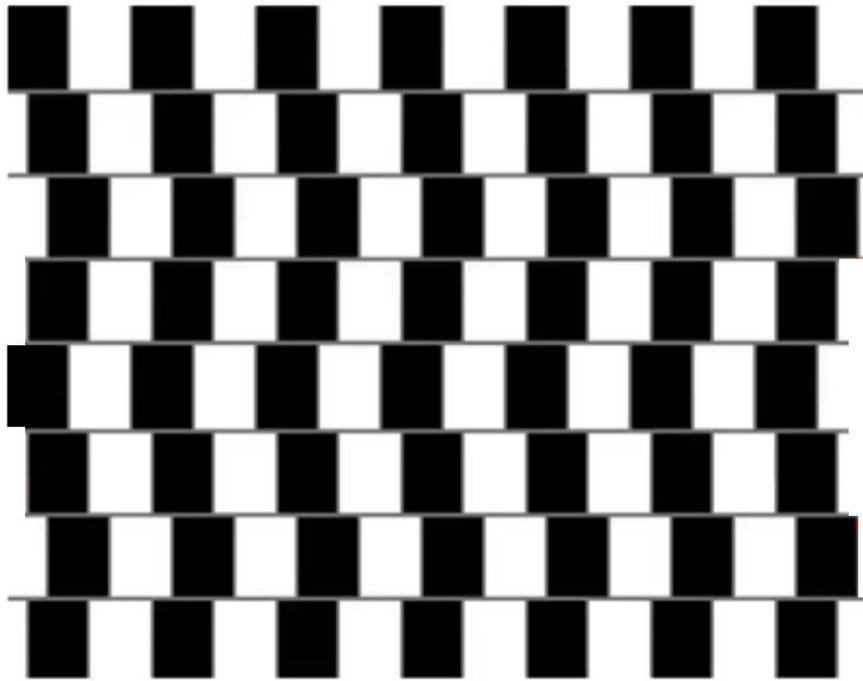
---

APÊNDICE I – Imagens-alvo para estimular a percepção e a atenção dos alunos

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGEICIMA MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática</p>
---	--

Imagens-alvo para estimular a percepção e a atenção dos alunos





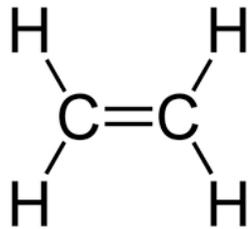
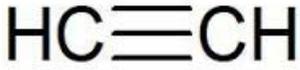
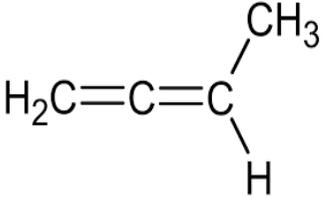


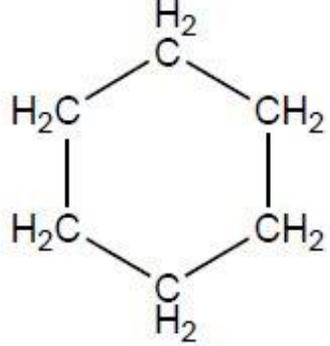
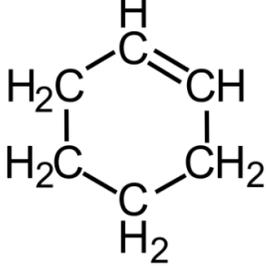
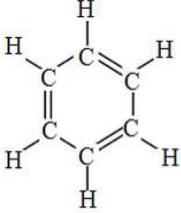
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECIMA  
 MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
 Linha de Pesquisa: Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática

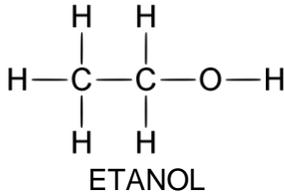
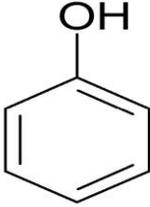
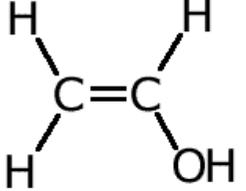


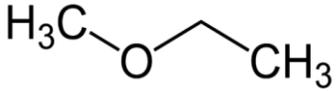
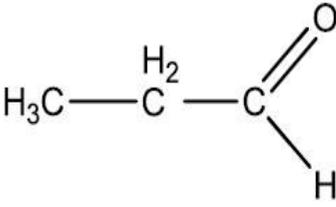
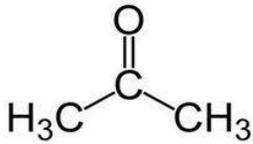
APÊNDICE J – Tabela com os grupos funcionais para a realização das ARGF'S

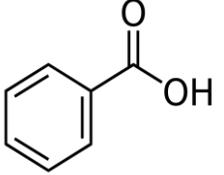
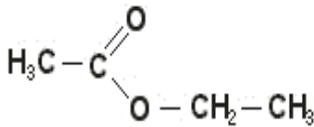
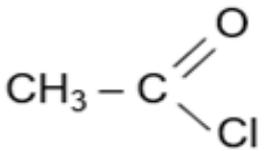
CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO	FÓRMULA GERAL ou RADICAL	NOMENCLATURA	EXEMPLOS
<b>FUNÇÃO HIDROCARBONETO</b>				
<b>ALCANOS</b>	Apresentam cadeia carbônica aberta e saturada.	$C_nH_{2n+2}$	pref. + -an + -o	$\begin{array}{c} H \\   \\ H-C-H \\   \\ H \end{array}$ METANO

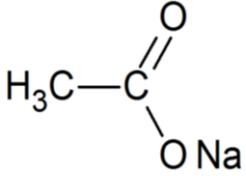
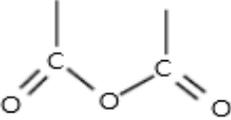
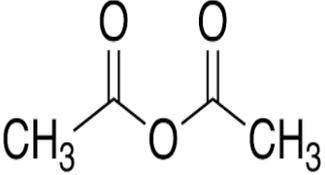
<p><b>ALQUENOS ou ALCENOS</b></p>	<p>Apresentam cadeia carbônica aberta, contendo uma dupla ligação.</p>	<p><math>C_nH_{2n}</math></p>	<p>pref. + -en + -o</p>	 <p>ETENO</p>
<p><b>ALQUINOS ou ALCINOS</b></p>	<p>Apresentam cadeia carbônica aberta, contendo uma tripla ligação.</p>	<p><math>C_nH_{2n-2}</math></p>	<p>pref. + -in + -o</p>	 <p>ETINO</p>
<p><b>ALCADIENOS</b></p>	<p>Apresentam cadeia carbônica aberta, contendo duas duplas ligações.</p>	<p><math>C_nH_{2n-2}</math></p>	<p>pref. + -dien + -o</p>	 <p>BUTADIENO</p>

<p><b>CICLOALCANOS ou CICLANOS</b></p>	<p>Apresentam cadeia carbônica fechada e saturada.</p>	<p><math>C_nH_{2n}</math></p>	<p>Ciclo + pref. + -an + -o</p>	 <p>CICLOHEXANO</p>
<p><b>CICLOALQUENOS (CICLENO)</b></p>	<p>Apresentam cadeia carbônica fechada, contendo uma dupla ligação no anel.</p>	<p><math>C_nH_{2n-2}</math></p>	<p>Ciclo + pref. + en + -o</p>	 <p>CICLOHEXENO</p>
<p><b>ARENO (HIDROCARBONETO AROMÁTICO)</b></p>	<p>Apresentam menos um anel pelo benzênico.</p>	<p><math>C_6H_6</math></p>	<p>nomes especiais (Não seguem as regras.)</p>	 <p>BENZENO</p>

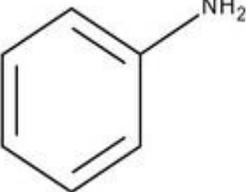
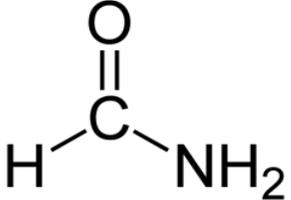
FUNÇÕES OXIGENADAS				
FUNÇÕES COM GRUPO HIDROXILA NA ESTRUTURA				
<b>ÁLCOOIS</b>	Apresentam o grupo - <b>OH</b> (hidroxila) ligado a carbono <b>saturado</b> .	$R - OH$	pref. + -an + -ol, -diol	 <p>ETANOL</p>
<b>FENÓIS</b>	Apresentam a hidroxila ligada a um carbono do anel Aromático.	$Ar - OH$	hidróxi + nome do aromático	 <p>HIDROXI-BENZENO</p>
<b>ENOL</b>	Apresenta dupla ligação e uma carboxila ligada ao carbono	$=C - OH$	pref. + -en + -ol	 <p>ETENOL ou ÁLCOOL VINÍLICO</p>

FUNÇÕES COM GRUPO CARBONILA NA ESTRUTURA				
<b>ÉTERES</b>	Apresentam um heteroátomo de Oxigênio entre 2 carbonos na molécula.	$R - O - R_1$	pref. + -en + -ol	 METOXIETANO
<b>ALDEÍDOS</b>	Apresentam o grupo <b>aldoxila</b> .	-CHO	pref. + -an + -al, -dial	 PRONAPAL
<b>CETONAS</b>	Apresentam o grupo <b>carbonila</b> ligado a 2 átomos de carbono.	$\begin{array}{c} O \\    \\ R - C \\   \\ R_1 \end{array}$	pref. + -an + -ona	 PROPANONA

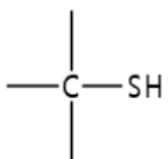
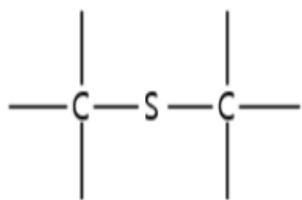
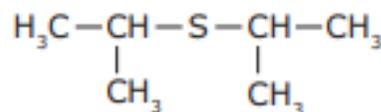
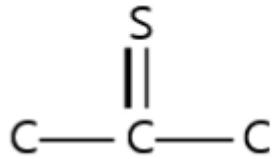
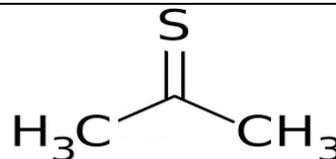
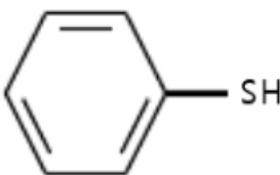
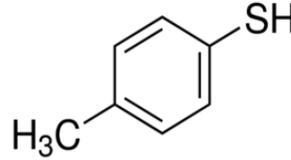
FUNÇÕES COM GRUPO CARBOXILA NA ESTRUTURA				
<b>ÁCIDOS CARBOXÍLICOS</b>	Apresentam o grupo <b>carboxila</b> .	$R - \text{COOH}$	pref. + -an + -óico	 <b>ÁCIDO BENZOICO</b>
<b>ÉSTERES</b>	Apresentam o grupo funcional ao lado.	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R} - \text{C} \\   \\ \text{O} - \text{R}_1 \end{array}$	nome oficial do ácido (-ato) + radical orgânico	 <b>ETANOATO DE ETILA</b>
<b>HALETO DE ACILA</b>	São derivados de um Ácido Carboxílico pela substituição do grupo (OH) por halogênio (X = F, Cl, Br ou I)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R} - \text{C} - \text{X} \\ \text{X} = (\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}) \end{array}$	halogênio (-eto) + nome do radical acila	 <b>CLORETO DE ETANOÍLA</b>

<p><b>SAL ORGÂNICO</b></p>	<p>Os sais de ácidos carboxílicos são obtidos a partir da reação de neutralização entre um ácido carboxílico (orgânico) e uma base (inorgânica).</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R} - \text{C} \\   \\ \text{O} - \text{Metal} \end{array}$	<p>nome oficial do ácido (-ato) + metal ou NH</p>	 <p>ETANOATO DE SÓDIO</p>
<p><b>ANIDRIDO</b></p>	<p>São compostos resultantes da desidratação dos ácidos carboxílicos e bem mais reativos que os ácidos que o deram origem</p>		<p>anidrido + nome oficial do ácido</p>	 <p>ANIDRIDO ACÉTICO</p>

FUNÇÕES HALOGENADAS				
<b>HALETO DE AQUILA</b>	São derivados de um hidrocarboneto pela substituição de um hidrogênio por halogênio (X = F, Cl, Br ou I)	R - X	halogênio + nome do HC correspondente	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ <p>CLOROMETANO</p>
<b>COMPOSTO DE GRINGNARD</b>	São compostos orgânicos que apresentam metais ligados ao Carbono	R - Mg - X	halogênio (-eto) + radical + magnésio	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{MgBr} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>BROMETO DE ETILMAGNÉSIO</p>

FUNÇÕES NITROGENADAS				
<b>AMINA</b>	Podem ser considerados como derivados da amônia (NH <sub>3</sub> ), substituindo os grupos de hidrogênio por outros grupos	$\text{R} - \text{NH}_2$ (PRIMÁRIA)  $\text{R} - \text{NH} - \text{R}_1$ (SECUNDÁRIA)  $\text{R} - \text{N} - \text{R}_1$ $\text{R}_2$ (TERCIÁRIA)	radical + amina ou HC + amina	 FENILAMINA
<b>AMIDA</b>	Apresentam cadeia carbônica aberta, contendo um grupo carbonílico ligado ao nitrogênio.	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R} - \text{C} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Nome oficial do ácido, trocando -óico por amida	 ETANAMIDA

<b>NITRILA</b>	Apresentam cadeia carbônica aberta, contendo uma tripla ligação.	R - CN	Nome HC + nitrila	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ ETANONITRILA
<b>ISONITRILA</b>	Apresentam cadeia carbônica aberta, contendo uma tripla ligação.	R - NC	Radical + carbilamina Ou Isocianeto de radical do HC + ila	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NC}$ ETILCARBILAMINA
<b>NITROCOMPOSTOS</b>	Apresentam o grupo nitro -NO <sub>2</sub> .	R - NO <sub>2</sub>	nitro- + nome do HC	$\text{H}_3\text{C}-\text{NO}_2$ NITROMETANO
<b>FUNÇÕES SULFURADAS</b>				
<b>ÁCIDO SULFÔNICO</b>	Os <b>ácidos sulfônicos</b> são uma classe de compostos orgânicos caracterizada pelo grupo funcional abaixo:  <b>R - SO<sub>3</sub>H</b>	R - SO <sub>3</sub> H	Ácido + nome do radical + sulfônico	$\begin{array}{c} \text{SO}_3\text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ ÁCIDO HEXANO - 3 - SULFÔNICO

<b>TIOCOMPOSTOS</b>	<b>TIOÁLCOOL ou TIOL ou MERCAPTANAS</b>		Nome do HC + tiol	<b>H<sub>3</sub>C-SH</b>  METANOTIOL
	<b>TIOÉTER</b>		nome do radical menor + tio + prefixo do radical maior + infixo (do tipo de ligação) + o	  ISOPROPIL- TIOISOPROPANO
	<b>TIOCETONA</b>		Nome do HC + tiona	  PROPANOTIONA
	<b>TIOFENOL</b>		Prefixo -Tio + Sufixo fenol ou  Prefixo fenil+ Sufixo correspondente ao composto sulfurado	  4-METILBENZENOTIOL

Fonte: O autor (2021)

## ANEXO I – Relatório do teste atencional aplicado por profissionais habilitados da área da Psicologia.

### Relatório Atenção Seletiva

A amostra é composta por 12 alunos, cursando o segundo ano do ensino médio com idade entre 15 e 19 anos. A aplicação do Teste de Atenção Seletiva (TAS) foi dividida em duas etapas. A primeira etapa foi datada no dia 05 de outubro e a segunda etapa no dia 09 de novembro do mesmo ano.

O Teste de Atenção Seletiva avalia a capacidade do indivíduo em focalizar a atenção em um único estímulo. Para aplicação do Teste de Atenção Seletiva, o aluno deve identificar entre uma diversidade de estímulos aqueles que representam figuras geométricas e devem cancelá-las conforme modelo apresentado. Neste caso da pesquisa, o foco do aluno foi submetido a três estímulos concomitantemente. A avaliação pode ser realizada de maneira manual pelo crivo de correção ou pela plataforma Online. Neste caso, a aplicação foi realizada de maneira manual.

A aplicação do Teste pode ser feita de maneira individual ou coletiva em pessoas com diferentes idades e escolaridades. De modo coletivo, os alunos foram submetidos ao Teste em um determinado tempo cronometrado, 5 min (cinco minutos) para marcar os estímulos solicitados nas duas etapas.

A seguir são apresentados os resultados das pontuações dos alunos e seus respectivos percentis nas duas etapas.

Alunos	1ª etapa pontos	1ª etapa classificação	2ª etapa pontos	2ª etapa classificação
Aluno 1	62	< Inferior	197	>Superior
Aluno 2	92	Médio Inferior	151	Médio Superior
Aluno 3	130	Médio Superior	147	Médio Superior
Aluno 4	26	< Inferior	160	>Superior
Aluno 5	148	Médio Superior	151	Médio Superior
Aluno 6	89	Médio Inferior	176	>Superior
Aluno 7	47	< Inferior	178	>Superior
Aluno 8	111	Médio	168	>Superior
Aluno 9	106	Médio	138	Médio Superior
Aluno 10	148	Médio Superior	164	>Superior
Aluno 11	177	>Superior	179	>Superior
Aluno 12	166	>Superior	172	>Superior