



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ - IFCE *CAMPUS* FORTALEZA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA – PGECM**

VALDIANA GOMES CAVALCANTE

**A NEUROCIÊNCIA COMO BASE PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE ESTEREOQUÍMICA DOS COMPOSTOS
ORGÂNICOS: UMA PESQUISA NO CURSO TÉCNICO EM
QUÍMICA DO IFCE – *CAMPUS* MARACANAÚ**

FORTALEZA/CE

2021

VALDIANA GOMES CAVALCANTE

**A NEUROCIÊNCIA COMO BASE PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE ESTEREOQUÍMICA DOS COMPOSTOS
ORGÂNICOS: UMA PESQUISA NO CURSO TÉCNICO EM
QUÍMICA DO IFCE – CAMPUS MARACANAÚ**

Trabalho de qualificação
apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Ensino de Ciências e
Matemática do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia,
como requisito parcial para a
obtenção de aprovação em exame
de qualificação de Mestre em
Ensino de Ciências e Matemática.

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

Área de concentração: Ensino de
Química

FORTALEZA/CE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

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

GOMES CAVALCANTE, VALDIANA.

A NEUROCIÊNCIA COMO BASE PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
ESTEREOQUÍMICA DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS: UM ESTUDO DE CASO NO CURSO
TÉCNICO EM QUÍMICA DO IFCE ? CAMPUS MARACANAÚ / VALDIANA GOMES
CAVALCANTE. - 2022.

118 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e
Matemática, Campus Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Caroline de Goes Sampaio .

1. ESTEREOQUÍMICA. 2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. 3. NEUROCIÊNCIA
COGNITIVA. I. Título.

CDD 510.07

VALDIANA GOMES CAVALCANTE

**A NEUROCIÊNCIA COMO BASE PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE ESTEREOQUÍMICA DOS COMPOSTOS
ORGÂNICOS: UM ESTUDO DE CASO NO CURSO TÉCNICO EM
QUÍMICA DO IFCE – CAMPUS MARACANAÚ**

Trabalho de qualificação
apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Ensino de Ciências e
Matemática do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia,
como requisito parcial para a
obtenção de aprovação em exame
de qualificação de Mestre em
Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Caroline de Goes Sampaio (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE)

Prof^a. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE)

Prof. Dr. Victor Emanuel Pessoa Martins
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-
brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Aluísio Marques da Fonseca
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-
brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita misericórdia, amor e cuidado por mim, por ter sido a minha fortaleza nas horas mais difíceis durante toda minha vida e, em especial durante essa caminhada.

Ao Mateus Muniz, meu esposo, por todas as palavras de ânimo durante o curso e por me assegurar de que eu nunca estava sozinha, sendo meu fiel companheiro nos dias de *lockdown* durante a pandemia (Jamais esquecerei desses momentos de escrita).

Aos meus pais e sogros, por orarem por mim me dando apoio espiritual; isso foi essencial durante a caminhada.

A minha ilustre orientadora, Professora Dr^a Caroline de Goes Sampaio, por ter concedido uma oportunidade de sempre aprender mais, pela sua dedicação e compromisso, pela companhia e palavras de ânimo nas horas que pensei em desistir, sempre acreditando que eu seria capaz e que essa fase tão difícil iria passar. Se não desisti, foi porque essas palavras contribuíram muito!

A professora Cleide Barroso que sempre esteve presente com nossa turma, e mesmo no ensino remoto, nunca nos desamparou. Seu humanismo durante as aulas e conversas, sempre nos motivando e lembrando que valeria a pena todo o esforço também foram essenciais para que eu não desistisse.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão dessa etapa longa, difícil e tão importante para meu progresso. Amadureci através de um misto de sentimentos, uma hora a responsabilidade da escrita e outra hora a situação pandêmica, mas em meio aos percalços, deu tudo certo!

“Por isso não desanimamos. Embora exteriormente estejamos a desgastar-nos, interiormente estamos sendo renovados dia após dia.” 2 Coríntios 4:16

RESUMO

O estudo da estereoquímica de compostos orgânicos é um dos conteúdos de química que os alunos apresentam muita dificuldade em compreender, onde o obstáculo maior está relacionado à visualização das moléculas orgânicas em suas conformações no espaço. Como proposta para diminuir essas dificuldades

de aprendizagem existem diversas práticas metodológicas e recursos que podem ser utilizados nas aulas de Estereoquímica que trabalham com o objetivo de desenvolver a habilidade visuoespacial das moléculas, como o uso de modelos físicos moleculares construídos com materiais recicláveis de fácil manipulação, modelos do tipo bolas e varetas, além de *softwares* que podem contribuir para esse avanço conceitual. Nesse cenário, esta pesquisa tem como objetivo analisar indícios de aprendizagem significativa através da aplicação de metodologias ativas baseadas nos princípios de neurociência no ensino de estereoquímica de compostos orgânicos em uma turma de 2º ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do IFCE – *campus* Maracanaú. A pesquisa presente foi desenvolvida com 12 alunos participantes, sendo feita, inicialmente, uma observação de 6 horas/aulas teóricas do assunto estereoquímica. Em seguida, foi realizada uma aula de intervenção, onde trabalhou-se a isomeria com o apoio da contextualização e também do *software* MolView. Em seguida foi aplicado um questionário para compreender as principais dificuldades dos alunos além da construção de um mapa conceitual sobre o assunto. Foi realizada uma atividade de construção de moléculas sorteadas durante a aula com materiais diversos além da elaboração de um vídeo sobre a molécula construída. Assim, foram observadas através da análise dos materiais coletados diversas dificuldades desde a identificação de carbonos quirais em moléculas simples e a compreensão da visualização espacial dessas moléculas. Entretanto, pode-se perceber que as ferramentas utilizadas durante a pesquisa foram essenciais para o avanço dos alunos no conteúdo de estereoquímica, melhorando a percepção e identificação das moléculas, por exemplo.

Palavras-chave: Estereoquímica; Aprendizagem Significativa; Neurociência Cognitiva.

ABSTRACT

The study of stereochemistry of organic compounds is one of the contents of chemistry that students have great difficulty in understanding, where the biggest obstacle is related to the visualization of organic molecules in their

conformations in space. As a proposal to reduce these learning difficulties, there are several methodological practices and resources that can be used in the Stereochemistry classes that work with the goal of developing the visual-spatial ability of molecules, such as the use of molecular physical models built with easy-to-handle recyclable materials, ball-and-stick models, and software that can contribute to this conceptual advance. In this scenario, this research aims to analyze evidence of meaningful learning through the application of active methodologies based on neuroscience principles in the teaching of stereochemistry of organic compounds in a 2nd year class of the Integrated Technical Course in Chemistry at IFCE - Maracanaú campus. The present research was developed with 12 participating students, being done, initially, an observation of 6 hours/theoretical classes of the stereochemistry subject. Then, an intervention class was held, where the isomerism was worked with the support of contextualization and also the MolView software. Then a questionnaire was applied to understand the students' main difficulties, besides the construction of a concept map on the subject. An activity of building molecules drawn during the class with various materials was performed, besides the preparation of a video about the molecule built. Thus, it was observed through the analysis of the collected materials several difficulties from the identification of chiral carbons in simple molecules and the understanding of the spatial visualization of these molecules. However, it can be seen that the tools used during the research were essential for the advancement of students in the content of stereochemistry, improving the perception and identification of molecules, for example.

Keywords: Stereochemistry; Meaningful Learning; Cognitive Neuroscience.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de par de enantiômeros	29
Figura 2: Mesocomposto	29
Figura 3: Exemplo de isômeros geométricos a) Cis e b)Trans.	30
Figura 4: Molécula do (R)-2-butanol na regra da nomenclatura R/S.....	31
Figura 5: Representação de enantiômeros do 2-bromobutano na nomenclatura R/S.	31
Figura 6:Exemplos de fármacos (mistura racêmica) e seus possíveis efeitos de acordo com os tipos de enantiômeros.	33
Figura 7: Estrutura química da Carvona nas configurações R e S.	34
Figura 8: Estrutura química do Limoneno nas configurações R e S.	34
Figura 9: Estrutura química do Linalol nas configurações R e S.	35
Figura 10: Modelos moleculares no ensino de Química.....	37
Figura 11: Visualização interna sendo desenhada mentalmente através do suporte da visualização externa.	38
Figura 12: Estrutura básica do neurônio.....	40
Figura 13: Estruturas corticais e subcorticais que estão ligadas ao sistema límbico.	42
Figura 14: Esquema representativo dos lobos cerebrais	44
Figura 15: Possíveis estruturas de um mapa conceitual indicando o avanço conceitual: a)radial, b)linear e c)rede	63
Figura 16: População do município do Maracanaú – CE por faixa etária..	67
Figura 17: Mapa conceitual construído por um aluno sem a presença de termos de ligação	86
Figura 18: Fragmento de um Mapa conceitual construído por um aluno com a presença de termos de ligação inapropriados.....	86
Figura 19: Mapa conceitual construído por um aluno participante da pesquisa.....	87
Figura 20: Recorte de imagem do vídeo realizado por um aluno da molécula levodopa.	90
Figura 21: Molécula Captopril confeccionada por um aluno participante da pesquisa.....	91
Figura 22: Resposta do aluno A1 para a primeira questão da enquete.....	92

Figura 23: Resposta do aluno A1 e aluno A2 para a questão 2 da enquete.	93
Figura 24: Resposta do aluno A9 para a questão 3 da enquete.....	94
Figura 25: Resposta dos alunos A7 e A8 para a questão 4 da enquete	94
Figura 26: Respostas dos alunos A5, A10 e A12 para a questão 5 da enquete.....	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17

2.1 UM BREVE HISTÓRICO E AS PERSPECTIVAS DO ENSINO DE QUÍMICA DE ACORDO COM OS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA	17
2.1.1 O ensino profissionalizante e a perspectiva do ensino de química nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio.	21
2.1.2 As dificuldades no processo de ensino – aprendizagem de Química no Brasil.	24
2.2 Estereoquímica dos compostos orgânicos	28
2.2.1 Conceitos de Estereoquímica	28
2.2.2 Nomenclatura Cis-Trans em estereoquímica.....	29
2.2.3 Nomenclatura R e S.....	30
2.2.4 A Estereoquímica no dia a dia.....	31
2.2.4.1 Estereoquímica na indústria farmacêutica.....	31
2.2.4.2 Estereoquímica na natureza.....	33
2.2.5 O Ensino da estereoquímica	35
<i>2.2.5.1 As dificuldades no ensino de estereoquímica e a importância da visualização científica na química.</i>	<i>35</i>
2.3 Neurociência: uma visão micro para uma compreensão macro das atividades neurais do ser humano.....	38
2.3.1 O Sistema nervoso	38
2.3.1.1 Os neurônios e as células gliais	39
2.3.1.3 Neuroplasticidade.....	44
2.3.2 Aspectos históricos da neurociência	45
2.3.2.1 Investigações da neurociência no Brasil	46
2.3.3 Neuroeducação.....	49
2.4 Teoria da Aprendizagem Significativa de acordo com Ausubel e suas relações com a neurociência.	52
2.4.1 A aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa de acordo com Ausubel no processo de ensino-aprendizagem na química.	52

2.4.2 Relação entre a Aprendizagem Significativa e a Neurociência Cognitiva.....	54
2.4.3 Estratégias pedagógicas aliadas à Neurociência Cognitiva facilitadoras da Aprendizagem Significativa no processo do Ensino de Química.	57
2.4.4 O uso de Mapas Conceituais no Ensino de Química e sua aplicação na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	60
3 METODOLOGIA	64
3.1 Fases da pesquisa.....	65
3.1.1 Período Exploratório	65
<i>3.1.1.1 Do município de Maracanaú.....</i>	<i>66</i>
<i>3.1.1.2 Do IFCE campus Maracanaú</i>	<i>67</i>
<i>3.1.1.3 Da Caracterização dos sujeitos da pesquisa.....</i>	<i>69</i>
3.1.2 Investigação focalizada	69
3.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	71
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	73
4.1 Observação das aulas de estereoquímica e identificação das dificuldades dos alunos sobre a temática	73
4.2 Aula de intervenção sobre o assunto de Estereoquímica	77
4.3 Análise e discussão dos questionários	81
4.3.1 Construção dos Mapas Conceituais.....	84
4.4 Confeção dos modelos moleculares alternativos e elaboração dos vídeos.....	88
4.5 Análise da enquete.....	92
5 CONCLUSÃO	96

1 INTRODUÇÃO

A sala de aula é um ambiente de fluxo contínuo e cíclico da transmissão de conhecimentos, onde a aprendizagem é o foco da relação professor-aluno. Entretanto, esse vínculo é complexo, pois são seres que vivem em ambientes diferenciados e possuem estruturas cognitivas diferentes, onde cada sujeito possui sua individualidade e a relação desses com o meio sociocultural é única, sendo assim, tornando única a percepção e a interpretação do meio para cada aluno (MASINI, 2011).

O contexto da globalização e os avanços tecnológicos, que tomaram mais forças no século XX, começaram a exigir dos alunos novas maneiras de pensar e interpretar os conteúdos. Neste momento, pode-se afirmar a importância do ensino de química para o desenvolvimento de um ser mais crítico e cooperativo, entretanto a memorização empregada no processo de ensino não seria suficiente, é necessário que os alunos estejam engajados no contexto sociocultural da humanidade e, assim, também entendam e saibam analisar os possíveis fenômenos derivados da era da globalização, visto que a educação é responsável pela construção de seres humanos críticos, reflexivos e responsáveis para com a sociedade, prontos para atuar com papel de cidadão (MÁRCIO, 2011; LIMA, 2012).

Além disso, é importante ressaltar a contribuição do ensino de química nos cursos técnicos integrados visto que há uma preocupação com a formação profissional adequada, onde tais conhecimentos servirão de base para muitos processos empregados durante a prática da profissão do futuro técnico em química profissão (MIRANDA; COSTA, 2007).

Apesar dessa importância, existe uma certa rejeição quanto a disciplina de química por parte dos alunos, muitos a veem como algo complicado de entender, outros não conseguem conectar os conceitos químicos em seu dia a dia; há diversos tipos de dificuldades na compreensão da química que variam dependendo das subdivisões dessa disciplina (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009; WU; SHAH, 2004).

Em Química Orgânica, a complexidade se dá na visualização das moléculas em suas conformações tridimensionais, sendo uma dificuldade comumente encontrada durante o processo de ensino-aprendizagem de estereoquímica, pois há algumas limitações no que se refere à explanação dessas moléculas. A falta das habilidades visuoespaciais compromete o avanço conceitual do conteúdo pelos alunos como, entender as fórmulas estruturais, nomenclatura e até mesmo representar essas moléculas no papel (AL-BALUSHI, ALHAJRI, 2014).

A habilidade visuoespacial é essencial para compreender a diferença entre moléculas enantioméricas, ou seja, fórmulas moleculares iguais com estruturas espaciais diferentes (AL-BALUSHI; ALHAJRI, 2014). Os enantiômeros possuem propriedades físicas semelhantes, entretanto, as propriedades químicas e atividade biológica desses compostos são distintas; assim, quando substâncias que possuem enantiômeros são utilizadas como fármacos, por exemplo, possuem ação no metabolismo completamente diferenciadas, onde uma mesma molécula pode realizar atividade diferente de acordo com o enantiômero presente no corpo. Nessa perspectiva, a Talidomida possui a forma enantiômera R, que age como sedativo, e, a forma S, age como teratogênico, sendo proibido uso para grávidas (OLIVEIRA, 2011).

Sabendo disso, para o ensino de conceitos complexos e com grande escala de dificuldades de compreensão e visualização científica para os alunos, como a estereoquímica, é necessário o estudo engajado de propostas pedagógicas que tenham como objetivo tornar o aprendizado mais significativo e menos monótono e mecanizado (FERREIRA; CORREIA; DUTRA, 2016).

Dessa forma, é interessante salientar que para a construção de uma aprendizagem adequada é importante que o professor entenda que durante esse processo são estabelecidas conexões neurais conforme os estímulos recebidos pelo discente, quanto maior o número de estímulos visuais, motores, auditivos, maior também será a possibilidade da informação ser recebida de uma forma satisfatória e armazenada na memória de longo prazo, concretizando o aprendizado.

Nessa perspectiva, a Neurociência Cognitiva (KANDEL, *et al.*, 2014; CONSENZA; GUERRA, 2011; SANTOS; SOUSA, 2016) avança juntamente com

as teorias sobre Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1978) em busca de entender como funcionam esses mecanismos de recepção e armazenamento dos conceitos na memória e quais os melhores métodos e recursos para trabalhar efetivamente as estruturas cerebrais em prol do aperfeiçoamento da aprendizagem no ensino (KANDEL *et al.* 2003).

E, apesar dos escassos estudos acerca das relações entre os dois conceitos, entende-se que seja possível, pois Ausubel nas suas defesas sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa faz menção à importância das estruturas cognitivas no processo do aprendizado e a neurociência desenvolve bastante a pesquisa em desenvolvimento dessas estruturas, estudando métodos de potencializar a capacidade cognitiva e, conseqüentemente, melhorar o desempenho individual dos alunos, produzindo significância dos conhecimentos adquiridos (KANDEL *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2016).

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objeto de estudo a aprendizagem da estereoquímica de compostos orgânicos. Tal recorte está relacionado à necessidade de analisar os problemas de aprendizagem que os alunos possuem no desenvolvimento da habilidade visuoespacial e a utilização da metodologia adequada para sanar essas dificuldades, proporcionando uma investigação qualitativa com vista à resolução das seguintes questões norteadoras:

- Quais as principais dificuldades dos alunos do curso técnico integrado em Química do IFCE – *campus* Maracanaú no processo de ensino-aprendizagem de estereoquímica dos compostos orgânicos?
- Quais as alternativas metodológicas e os recursos didáticos que podem melhorar o processo de ensino-aprendizagem quanto ao desenvolvimento das habilidades visuoespaciais?
- Qual a relação da Neurociência Cognitiva com a Aprendizagem Significativa nos aspectos do ensino de estereoquímica?

Para tentar responder as referidas questões, buscou-se base teórica nos campos da Aprendizagem Significativa, principalmente nas teorias de Ausubel, e também nos princípios da Neurociência Cognitiva (KANDEL, *et al.*

2014; CONSENZA; GUERRA, 2011; SANTOS; SOUSA, 2016) como fundamento para compreender os aspectos de como é construído o aprendizado no indivíduo. Com isso, essa pesquisa pretende disseminar os conhecimentos sobre a relação da Neurociência Cognitiva com a Aprendizagem Significativa como uma alternativa de compreender como ocorre o processo de ensino-aprendizagem e assim, incentivando a busca por metodologias alternativas e recursos didáticos que estimulem a criatividade, o dinamismo e a interatividade dos alunos.

Propondo assim validar a hipótese juntamente com os trabalhos encontrados e explanados no referencial teórico de que os modelos físicos moleculares alternativos e os softwares de visualização molecular em 2 e 3D em consonância com metodologias defendidas pela Neurociência Cognitiva promovem a aprendizagem significativa no ensino da estereoquímica.

Portanto, essa pesquisa tem como objetivo geral observar indícios de aprendizagem significativa através da aplicação práticas pedagógicas baseadas nos princípios de neurociência no ensino de estereoquímica de compostos orgânicos em uma turma de 2º ano do Curso Técnico Integrado em Química do IFCE – *Campus* Maracanaú. No desenvolvimento do trabalho, buscou-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as dificuldades encontradas pelos alunos no processo de aprendizagem do conteúdo de estereoquímica;
- Investigar o uso de Mapas Conceituais aplicados na avaliação da aprendizagem significativa nas aulas de estereoquímica em turmas de 2º ano do ensino técnico.
- Propor a produção de vídeos utilizando modelos moleculares físicos, alternativos no desenvolvimento de habilidades visuoespaciais associadas às noções de estereoquímica de compostos orgânicos.
- Analisar o processo de ensino-aprendizagem da estereoquímica à luz da Neurociência Cognitiva na busca de uma Aprendizagem Significativa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 UM BREVE HISTÓRICO E AS PERSPECTIVAS DO ENSINO DE QUÍMICA DE ACORDO COM OS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Um dos primeiros fatos que ocorreu a favor da Química no Brasil foi a construção de dois colégios de Medicina, em 1808, um no Rio de Janeiro e outro na Bahia. Em 1812 foi criado o Laboratório de Química Aplicada no Rio de Janeiro devido a intensificação da exploração de ferro e, em 1818, houve a inauguração do Museu Real localizado no Rio de Janeiro, onde existia um laboratório de Química que fazia análises acerca da refinação de metais preciosos (MOTOYAMA, 2000; SANTOS, 2004).

No início da década de 1910 houve a criação de diversos cursos de Química, onde o primeiro foi o de Química Industrial, estabelecido no Mackenzie College em São Paulo, onde no mesmo ano também teve a criação da Escola Superior de Química da Escola Oswaldo Cruz em São Paulo, logo após, em 1918 foi criado o Instituto de Química do Rio de Janeiro, tendo como objetivo a formação de profissionais para a Indústria Química e, anos mais tarde, em 1920 na Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária no Rio de Janeiro (AFONSO; LIMA, 2003).

Em 1926 houve a fusão dos cursos de Química e Engenharia Industrial, originando o curso de Engenharia Química (RUBEGA; PACHECO, 2000). Em 1933 surgiu a Escola Nacional de Química, no Rio de Janeiro, com objetivo específico de desenvolver pesquisas na área do ensino de Química. Em 1934 foi criado o Departamento de Química, na Universidade de São Paulo (USP) – primeira universidade brasileira – com a finalidade de formar químicos qualificados (MATHIAS, 1979; SILVA *et al.*, 2006; AFONSO; SANTOS, 2009).

A disciplina de Química no ensino secundário brasileiro começou a ser concretizado somente a partir de 1931, onde tinha como propósito relacionar os conhecimentos científicos com o dia a dia, assim, despertando o interesse dos alunos pela ciência; entretanto, aos poucos, essa visão contextualizada foi perdendo força e, com a Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971 (BRASIL, 1971) que comenta acerca das Diretrizes e Bases da Educação (LDB), o ensino de

Química ficou mais concentrado no modelo técnico-científico, visando principalmente a construção profissional dos alunos devido ao advento das escolas profissionais, modelo educacional bastante desenvolvido na década de 1980 (MACEDO; LOPES, 2002).

Nos anos 1990 ocorreram diversas transformações no sistema educacional brasileiro, principalmente com o lançamento da nova LDB, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996), além disso houve a criação das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) (BRASIL, 1998) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999), onde esses documentos buscavam atender às necessidades do ensino quanto às novas transformações globais devido ao processo de globalização.

O contexto de globalização começou a exigir dos alunos novas maneiras de pensar e interpretar os conteúdos. Neste momento a memorização não seria suficiente, sendo necessário que os alunos estejam engajados no contexto sociocultural da humanidade e assim também entendam e saibam analisar os possíveis fenômenos derivados da era da globalização (MÁRCIO, 2011; LIMA, 2012).

Desse modo, esses documentos propostos através da LDB de 1996 defendiam que o Ensino da Química deveria ser dinamizado, mostrando a realidade da globalização, como por exemplo o aumento da poluição, o efeito dos poluentes sobre os recursos naturais, a escassez desses recursos, juntamente com o conhecimento teórico. Sendo assim, houveram diversas mudanças na forma de ensinar, saindo um pouco dos conceitos técnicos pregado nas escolas profissionais e tornando o conhecimento mais amplo, os livros didáticos também sofreram transformações, rompendo com o ensino tradicional (BRASIL, 1999; MOTOYAMA, 2000; LIMA, 2013).

A partir dos anos 2000 foram criados novos documentos oficiais que reorganizavam o currículo escolar no Ensino Médio, assim, em 2002 vieram as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (BRASIL, 2002), mais tarde em 2006 foram estabelecidas as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEN)

(BRASIL, 2006). É interessante ressaltar o ponto de vista das OCEM's em relação ao ensino de química, afirmando a necessidade de formar alunos não somente para exames de seleção, mas tornar aquele discente uma pessoa crítica, formadora de pensamentos e com a capacidade de tomar decisões.

A extrema complexidade do mundo atual não mais permite que o ensino médio seja apenas preparatório para um exame de seleção, em que o estudante é perito, porque treinado em resolver questões que exigem sempre a mesma resposta padrão. O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso. Essas são capacidades mentais construídas nas interações sociais vivenciadas na escola, em situações complexas que exigem novas formas de participação (BRASIL, p. 106, 2006).

Além disso, para as OCEM's é necessário uma abordagem metodológica no processo de ensino-aprendizagem que envolva a contextualização e a interdisciplinaridade, tornando assim dinâmico o ensino de química, dessa forma, tornando-se possível a interligação entre a teoria e a prática, mostrando os conhecimentos químicos no contexto do aluno, em situações reais.

Assim sendo, a contextualização no currículo da base comum poderá ser constituída por meio da abordagem de temas sociais e situações reais de forma dinamicamente articulada, que possibilitem a discussão, transversalmente aos conteúdos e aos conceitos de Química, de aspectos sociocientíficos concernentes a questões ambientais, econômicas, sociais, políticas, culturais e éticas. (BRASIL, p. 118, 2006).

Em 2010 foram definidas as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (BRASIL, 2010) que possui como um de seus objetivos, o estímulo da reflexão crítica, trazendo também ao processo de ensino a necessidade da articulação com as vivências dos estudantes, história e contexto social destes; assim, é possível afirmar que todos os documentos oficiais contribuem para a superação do tradicionalismo no ensino.

Entretanto, com o desenvolvimento de novas tecnologias e a influência dos conhecimentos científicos nessas tecnologias, e consequentemente com a necessidade de melhorar a qualidade da educação, em prol da construção crítica cidadã e também da consciência ambiental, inovando e trazendo para a sala de aula novas perspectivas, novas metodologias com equidade e responsabilidade em todo o ensino básico brasileiro, a Resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017 institui a implementação

da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017). Assim, como retrata o documento oficial da BNCC,

[...]poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos (como estimar o consumo de energia de aparelhos elétricos a partir de suas especificações técnicas, ler e interpretar rótulos de alimentos etc.). Tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população (BRASIL, p. 547, 2017).

Desse modo, esse documento retrata a importância de trazer para a realidade os conhecimentos científicos vistos em sala de aula, ou seja, mostra que o processo de ensino de Ciências da Natureza vai além dos objetivos conceituais, desenvolvendo articulações e interdisciplinaridade entre as Ciências (Biologia, Física e Química), permitindo a dinamização desse processo, possibilitando a construção de um aluno investigativo, pesquisador, crítico e consciente (BRASIL, 2017).

Sobretudo, em uma análise mais intrínseca do documento da BNCC acerca do ensino de Química, pode-se notar alguns pontos negativos quanto aos conteúdos de química do ensino médio, como afirmam Barroso *et al.* (2020),

Ao analisar que a disciplina de Química está inclusa na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ou seja, não fará parte das disciplinas obrigatórias e sim dos “itinerários formativos”, devido a isso o ensino de Química passará por mudanças drásticas, e dentre as principais mudanças destaca-se a pulverização de diversos conteúdos presentes na grade curricular da disciplina de Química no Ensino Médio (BARROSO, *et al.*, p. 7, 2020).

Além disso, os autores também citam a flexibilidade da organização curricular e a transdisciplinaridade (união de conhecimentos de áreas diversificadas) como fatores de empobrecimento do currículo de Química no Ensino Médio, onde conteúdos que não possam ser abordados em outras disciplinas da Ciências da Natureza serão desconsiderados também do ensino de química (BARROSO *et al.*, 2020).

Logo, em uma análise teórica mais profunda de alguns livros didáticos de química, os autores afirmaram que conteúdos como, tabela periódica, interações atômicas, estudo sobre soluções e eletroquímica foram excluídos dos conteúdos abordados pela BNCC, comprometendo o ensino e também as progressões conceituais dos alunos nessa disciplina; além disso, os autores também discutiram acerca da falta de ordem cronológica nos conteúdos,

dificultando a construção de uma boa base teórica dos alunos para o avanço progressivo da disciplina (BARROSO *et al.*, 2020).

2.1.1 O ensino profissionalizante e a perspectiva do ensino de química nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio.

No contexto da elaboração da LDB (BRASIL, 1996) e da reorganização do sistema educacional brasileiro, faz-se necessário enfatizar que a qualificação profissional é indispensável para o desenvolvimento da nação quanto à realização das políticas públicas, pois agrega valores ao trabalhador e seu serviço, aumenta as chances de estar bem posicionado no mercado de trabalho e amplia as oportunidades de gerar renda, aumenta a competitividade empresarial e melhora as competências e habilidades do trabalhador (BRASIL, 1999).

Segundo Grabowski (2007), o desenvolvimento melhora a qualidade de vida da sociedade de modo geral, reduz os índices de desigualdade social, intelectual, o nível de opressão e exclusão, neste mesmo pensamento. Romero (1994) afirma que a revolução técnico-científica e as exigências do capitalismo, em busca do desenvolvimento, propõem à sociedade mudanças constantes nas relações entre educação e trabalho.

Na Lei de Diretrizes e Bases (LDB 9349/96) a principal mudança foi a divisão da educação em dois níveis: a Educação Básica, englobando o ensino fundamental com duração de nove anos e o ensino médio com duração de três anos; e a Educação Superior. A profissionalização poderá ocorrer no ensino médio, segundo o artigo 36 da LDB 9394/96, desenvolvendo a autonomia intelectual e o pensamento crítico em conjunto com os conceitos técnicos e científicos; a nova lei proporciona o desenvolvimento de habilidades e técnicas, mas também prepara para a vida social, sendo associada a uma sólida educação básica e adequada às tendências da produtividade capitalista. Nessa vertente, pode-se afirmar que ressurgiu a dicotomia entre a educação propedêutica e a profissional (VIAMONTE, 2011, p.38).

O decreto nº 5.154/04 trouxe a possibilidade de uma nova integração do Ensino Médio à profissionalização, entretanto abordando

uma concepção diferente da Lei nº 5.692/71. O decreto de 2004, além das formas concomitante e subsequente, aborda também a forma integrada profissionalizante, possibilitando a integração com o ensino médio. Sendo assim, conforme o artigo 4 do mesmo decreto, a educação profissional dar-se-ia:

I – integrada, oferecida somente a quem já tenha concluído o ensino fundamental, sendo o curso planejado de modo a conduzir o aluno à habilitação profissional técnica de nível médio, na mesma instituição de ensino, contando com matrícula única para cada aluno;

II - concomitante, oferecida somente a quem já tenha concluído o ensino fundamental ou esteja cursando o ensino médio, na qual a complementaridade entre a educação profissional técnica de nível médio e o ensino médio pressupõe a existência de matrículas distintas para cada curso [...];

III - subsequente, oferecida somente a quem já tenha concluído o ensino médio (BRASIL, 2004).

Essa nova modalidade teve como objetivo favorecer a classe trabalhadora, visto que a desigualdade econômica obriga muitas pessoas ir à procura de ingressar no mercado de trabalho antes da maioridade (MOURA, 2007). Desse modo,

deve fundamentar-se a articulação entre o ensino médio – responsável pela formação geral capaz de contribuir para a compreensão da realidade e o ensino profissionalizante – que garante ao educando o sentido de força produtiva a partir da compreensão do conhecimento científico transformado em práticas, técnicas e procedimentos que possibilitarão uma atuação consciente, crítica e dinâmica na economia da sociedade (VIAMONTE, 2011, p.46).

É necessário enfatizar que existe um vínculo entre educação e produção profissional, e é nesse contexto que a profissionalização no ensino médio se insere, atendendo à demanda de qualificação, produção de valores, competências e a busca pela melhoria das habilidades do indivíduo, promovendo também a construção de características exigidas pelas empresas no mercado de trabalho; além da busca pela teoria, precisa-se de exercer a prática, assim, compreendendo o conhecimento científico e aplicando esse no âmbito profissional e social, entretanto, “é preciso pensar que os avanços culturais, das técnicas, das ciências e das tecnologias vêm exigindo novas estruturas para a educação profissional, tornando-a mais próxima e integrada à educação básica” (VIAMONTE, 2011, p. 47).

Quanto ao ensino de química pode-se afirmar que contribui para a formação do intelecto do indivíduo, ampliando sua autonomia e ajudando-o na prática cidadã, além de melhorar a interpretação do cotidiano, possibilitando a

percepção das mais diversas situações que colaboram para a qualidade de vida, assim, para o ensino técnico esses conhecimentos são essenciais visto que serão possivelmente utilizados na prática através de técnicas e procedimentos específicos (MEDEIROS, 2014).

Entretanto, muitos alunos possuem dificuldades de compreensão da química, pois, na maioria das aulas ministradas no ensino médio, os professores utilizam bastante a memorização de conceitos científicos e dificultam o ensino através de nomenclaturas difíceis de compreensão, onde o objetivo do processo de ensino se torna a aprovação no vestibular (SOUZA; SILVA, 2018), além disso, os discentes também observam a falta de atividades lúdicas e metodologias alternativas que relacionem a teoria com a prática, proporcionando o desinteresse dos alunos (SOARES; SANTOS, 2018).

Mas, no caso do ensino técnico integrado, além dos conhecimentos essenciais a nível médio existe também a preocupação com a formação profissional; nessa perspectiva

É preciso salientar, que existe a preocupação dos educadores de como fazer essa conexão dos conteúdos aprendidos no ensino médio (base nacional comum) com a formação profissional (educação técnica), de maneira que realmente ocorra a integração, ou seja, o curso não é somente área profissional, e sim, um curso integrado. Na área das ciências exatas, por exemplo, é muito importante a integração entre as disciplinas básicas (Física, Química, Matemática, etc) e as disciplinas da área técnica, visto que estão diretamente relacionadas com o perfil do curso, mas as disciplinas da base comum também faz parte da matriz curricular do curso, sendo obrigatórias a sua oferta ao longo do curso (SILVA; RIZZATTI, 2018, p.181).

Dentro de todos os conhecimentos acima citados para ter uma boa formação exigida pela educação profissional, é importante que a aprendizagem da química aconteça de forma agradável através da aplicação de metodologias alternativas e dinâmicas, saindo um pouco do ensino tradicional; desse modo, facilitaria o processo de ensino-aprendizagem, estimulando a absorção do conhecimento e trabalhando com as experiências vividas pelos alunos dentro do próprio curso técnico, buscando a interação entre os mesmos e a prática da sua futura profissão (MIRANDA; COSTA, 2007).

Existem diversas propostas pedagógicas que possibilitam a saída do ensino tradicional, e trazem novas perspectivas para a sala de aula, tornando a aula mais atrativa, como o uso da experimentação, dinâmicas e interações entre os alunos, atividades lúdicas, como jogos pedagógicos, interdisciplinaridade, a própria articulação com a CTS, enfim, metodologias que instiguem o trabalho em

grupo, criatividade e construção crítica dos alunos, são algumas ferramentas essenciais no ensino (MEDEIROS, 2014).

Essa alfabetização científica promovida pelo ensino da química é necessária independente da temática do curso técnico que o aluno esteja ingressado; essa alfabetização permite visualizar e investigar os problemas sociais através de uma interpretação articulada entre o mundo natural e as transformações ocorridas pela ação humana devido às contribuições da ciência e da tecnologia, além disso possibilita a compreensão crítica dos fenômenos sociais e a participação efetiva, democrática e consciente nos processos decisórios dentro do âmbito profissional e social (CAJAS, 2001; CHASSOT, 2006; MARCO-STIEFEL; 2001).

2.1.2 As dificuldades no processo de ensino – aprendizagem de Química no Brasil.

Evidências em pesquisas mostram a importância do estudo da química para a compreensão de aspectos concernentes à sociedade, ambiente, economia e também a tópicos importantes para a construção da cidadania em diferentes contextos. A química está presente tanto em fenômenos naturais, como a fotossíntese e a chuva, quanto em fenômenos artificiais, como os processos industriais. E, dessa forma, pode-se afirmar que sem saber de conceitos básicos de química não há a construção de um senso crítico quanto a dinâmica da sociedade com o meio ambiente (CRESPO; GIACOMINI, 2011).

Mas, como construir uma competência em um indivíduo que ele possa analisar conscientemente os fenômenos naturais e criticamente os impactos dos processos tecnológicos produzidos pela sociedade, assim como defende a Base Nacional Comum Curricular para as Ciências da Natureza no Ensino Médio, mesmo havendo tantos impasses e dificuldades demonstrados pelos alunos? Antes de explanar uma possível explicação para a pergunta, é necessário discutir os diversos aspectos quanto a dificuldades dos alunos no processo de ensino – aprendizagem em química, analisando e discutindo as metodologias utilizadas (LIMA, 2012).

Devido à falta de práticas pedagógicas inovadoras e dinâmicas, a disciplina de química é conhecida pela maioria dos estudantes como um “bicho de sete cabeças” (SANTOS, *et al.* 2013). Na pesquisa de Paz e Pacheco (2010) discutiram as principais dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de química no ensino médio em algumas escolas públicas de Teresina, numa pesquisa com alunos de turmas de 2º ano, apenas 24,5% dos discentes responderam que gostam da disciplina de química, e os outros alunos afirmaram que gostavam pouco ou não gostavam de química, evidenciando essa aversão por química entre os alunos.

O ensino de química tem sido estruturado em torno de processos de memorização de fórmulas, simbologias, alguns conceitos abstratos que não abrangem a contextualização dos conteúdos, a fragmentação dos conteúdos no momento da transmissão, além disso também há o uso exacerbado de métodos algébricos que dificultam a interpretação da disciplina e o desenvolvimento do saber científico, proporcionando a limitação do processo de aprendizagem dos alunos, tornando-o cada vez mais monótono; (PAZ; PACHECO, 2010; SANTOS, *et al.* 2013).

Meneses e Nuñez (2018) abordaram em seus estudos a dificuldade dos alunos em compreender química, onde investigaram o tema de “reações químicas”; em concordância com outros autores, enfatizaram o ensino descontextualizado e a fragmentação dos conteúdos tornando o conhecimento científico pouco significativo para os estudantes, assim, afirmando que

Uma das causas associadas aos erros dos estudantes na compreensão de uma reação química como sistema complexo está relacionada ao modo fragmentado e descontextualizado de se ensinar os conteúdos de química, sem estabelecer uma relação entre os próprios conteúdos da formação do conceito como também entre outros conteúdos e saberes que não estão relacionados com as vivências do dia a dia dos alunos, promovendo, assim, o ensino de uma ciência pouco significativa e, na maioria das vezes, difícil de ser realmente compreendida e aplicada pelos alunos (MENESES; NUÑEZ, p. 176, 2018).

Santos *et al.* (2013) afirmou em sua pesquisa com alunos de turmas do 1º ano do ensino médio que uma das principais dificuldades destes na disciplina de Química seria a base matemática (54,4%), isso devido ao uso elevado do método algébrico no ensino de química, onde muitas vezes é negligenciado os conceitos e a relação com fenômenos do cotidiano, apesar da

matemática ser uma ferramenta para solucionar alguns problemas químicos, é sabido que o uso de metodologias que envolvem cálculos, fórmulas e memorização proporciona o surgimento de dificuldades no processo de ensino – aprendizagem.

Na mesma perspectiva das dificuldades vivenciadas pelos alunos no processo de aprendizagem, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de ciências estabelece que é essencial o desenvolvimento dos conhecimentos científicos não somente conceituais, mas é importante também haver atividades que busquem a observação e investigação através dos procedimentos (BRASIL, 1998).

Entretanto, segundo Bassoli (2014) quando as deficiências na educação das ciências são retratadas, logo o tema é relacionado à falta de aulas práticas experimentais pelos professores, onde essa metodologia é necessária durante o processo de interlocução entre a teoria e a prática, e é conhecida como o principal meio de mostrar os fenômenos microscópicos, entretanto os professores afirmam a falta de condições para uma aula prática, onde muitas vezes é citado a falta de um espaço laboratorial adequado, seguindo as normas de segurança, falta de reagentes e até mesmo o despreparo destes professores para atuar em um laboratório de ensino.

Por outro lado, é importante enfatizar que as aulas experimentais requer cuidado antes da sua realização, pois além das regras de procedimentos, é importante que o aluno desenvolva, através dessa atividade, a reflexão, o senso crítico, evitando a repetição de métodos dentro do laboratório, onde o objetivo é não somente ensinar o conteúdo dos livros didáticos, mas, além disso, apresentar a ciência como realmente ela é; pois, através das aulas experimentais o aluno pode desenvolver a investigação da natureza e do seu cotidiano produzindo conhecimento e desenvolvendo o seu cognitivo, despertando o interesse de encontrar algumas respostas no contexto em que vive, sendo assim, o professor mediador desse processo (GONÇALVES; GOI, 2020).

O processo de ensino-aprendizagem na disciplina de química deve abordar diversos tipos de estratégias didáticas, sabendo que, a criatividade e o dinamismo ao preparar um conteúdo aumentam o interesse dos alunos,

principalmente quando há dificuldades na compreensão. Na busca pela aprendizagem significativa, devem ser analisados diversos fatores antes de escolher a metodologia, mas, o professor principalmente deve ter o apoio de seus gestores e boa vontade em sair do comodismo da pedagogia tradicional, da monotonia e reinventar (KRASILCHIK, 2004).

Segundo Libâneo (2013) o momento do aprendizado deve ser um processo interativo, onde cabe a escola e aos profissionais da educação tornar esse ambiente propício para debates, discussões, produção de conhecimento e desenvolvimento do cognitivo, trazendo o uso de metodologias ativas, onde o aluno possa ser o protagonista do processo de ensino, em detrimento da mera transmissão de informações, ou seja, o processo de ensino deve ser uma via dupla onde há a construção do conhecimento e não apenas aquilo que o professor entende por ser o conceito correto, é necessário debater o “porquê?” e as razões daquele conteúdo.

Dessa forma, segundo a BNCC, p. 479, (2017) “é fundamental a adoção de tratamento metodológico que favoreça e estimule o protagonismo dos estudantes”, além disso, o documento oficial ressalta que

a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras BRASIL, 2017, p. 549).

Existem outras alternativas que também facilitam a construção do conhecimento e motivam o aluno em busca da significação do aprendizado; o uso de recursos pedagógicos visuais variados, como os projetores, computadores e *softwares* são alguns exemplos, que segundo Castoldi e Polinarski (2009) são ferramentas que influenciam no interesse e no aprendizado dos alunos.

2.2 Estereoquímica dos compostos orgânicos

2.2.1 Conceitos de Estereoquímica

A estereoquímica é uma área da Química Orgânica que surgiu da subdivisão conceitual dos isômeros, sendo estas estruturas que apresentam fórmulas moleculares iguais. Desse modo, os isômeros podem ser divididos em dois tipos: os constitucionais e os estereoisômeros (BRUICE, 2006; SOLOMONS *et al.*, 2014).

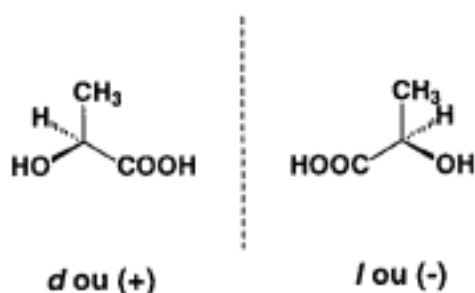
Os isômeros constitucionais possuem a mesma fórmula molecular, mas diferenciam na conectividade dos átomos dentro da molécula, mudando totalmente a cadeia carbônica quando comparados. Apesar de possuir fórmula molecular igual, diferenciam nas propriedades químicas, físicas e biológicas (BRUICE, 2006; SOLOMONS *et al.*, 2014).

Em contrapartida, os estereoisômeros são tipos de isômeros que possuem a mesma conectividade, mudando apenas o arranjo espacial desses átomos. Os estereoisômeros podem também ser subdivididos em 3 grupos: os enantiômeros, os diastereoisômeros e os mesocompostos (McMURRY, 2011; BRUICE, 2006; SOLOMONS *et al.*, 2014).

No século XIX, o francês René Haüy observou a existência de dois tipos de cristas de quartzo, que diferiam apenas na posição de duas faces, esses cristais eram imagem especular um do outro e não era superponível. Estes cristais foram denominados de enantiomorfos, que do grego enántios significa “oposto” e morfo significa “forma” (LIMA, 2015, p. 23).

Os enantiômeros (figura 1) são estereoisômeros cujas imagens especulares não são sobreponíveis um do outro, sendo conhecidos como isômeros opticamente ativos e são reconhecidos principalmente devido a presença de carbonos quirais, ou seja, carbonos que possuem quatro ligações diferentes originando um par de enantiômeros; dessa forma a presença de n centros quirais dá origem a 2^n estereoisômeros. Além disso, os enantiômeros apresentam propriedades químicas e físicas idênticas mas as biológicas são distintas devido a diferença da direção do desvio da luz polarizada, podendo ser desviado para a direita (dextrogiro) ou para a esquerda (levogiro) como representado na figura 1 (PATOČKA; DVOŘÁK, 2004; SOLOMONS *et al.*, 2014).

Figura 1: Representação de par de enantiômeros

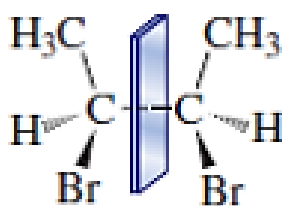


Fonte: Lima, 1997.

Os diastereoisômeros são estereoisômeros que não são imagens especulares entre si, apresentando dois ou mais centros de quiralidade, sendo o oposto dos enantiômeros, possuindo propriedades físicas e químicas diferentes como o ponto de fusão e ebulição, o momento dipolar, a solubilidade e o índice de refração sendo facilmente identificados em métodos espectroscópicos (Infravermelho, RMN, espectroscopia de massa) (McMURRY, 2005; LIMA, 1997).

Os compostos meso (figura 2) são moléculas que possuem estereocentros, e apesar disso são aquirais pois sua imagem especular é sobreponível (BRUICE, 2006).

Figura 2: Mesocomposto



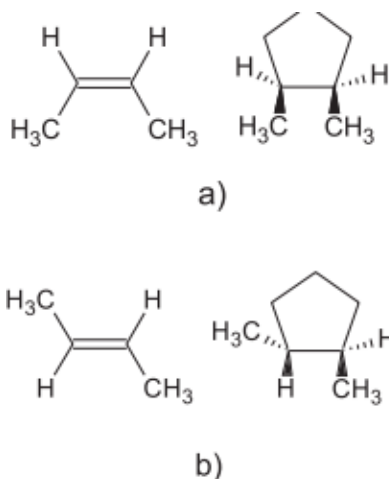
Fonte: Bruice, p. 201, 2006

2.2.2 Nomenclatura Cis-Trans em estereoquímica

Os isômeros geométricos também podem ser chamados de cis-trans (figura 3) ocorrendo quando há presença de insaturação no composto ou a cadeia é fechada. Assim, quando existem ramificações iguais ou de maiores

prioridades de um mesmo lado da molécula esse isômero é considerado cis; mas quando as tais ramificações estão dispostas em lados opostos da molécula pode-se afirmar que esse isômero é trans (MAGALHÃES, 2016).

Figura 3: Exemplo de isômeros geométricos a) Cis e b) Trans.

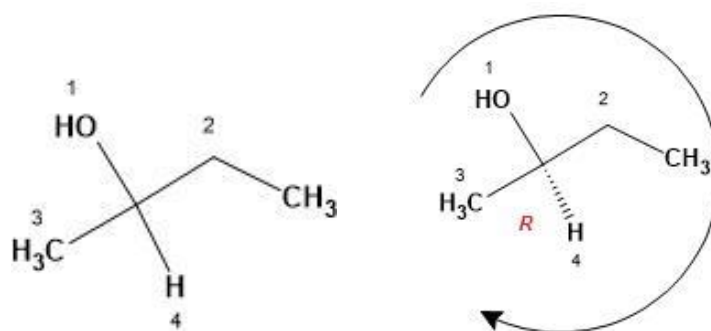


Fonte: Rezende et al., 2016.

2.2.3 Nomenclatura R e S

O sistema de classificação R e S foi formulado por Cahn, Ingold e Prelog na Suíça por volta da década de 70 (MAGALHÃES, 2016). Ao estabelecer essa classificação, os pesquisadores instituíram prioridades aos substituintes ligados aos centros estereogênicos da molécula. Assim, de acordo com as regras, o maior número atômico possui maior prioridade, dessa forma, um heteroátomo possui prioridade em relação ao átomo de carbono ($I > Br > Cl > S > O > N$) e quando há insaturações, o substituinte que possui ligação dupla terá maior prioridade ao que possui ligação saturada (figura 4) (MAGALHÃES, 2016).

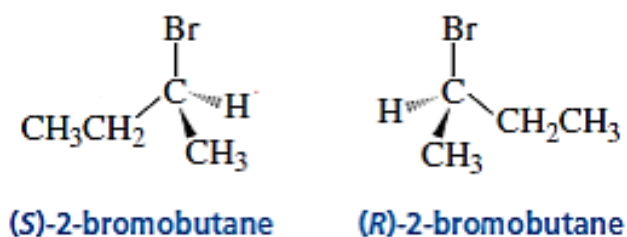
Figura 4: Molécula do (R)-2-butanol na regra da nomenclatura R/S



Fonte: Autora (2020)

Após a classificação das prioridades de acordo com a regra, a molécula é posicionada de um modo que o substituinte de menor prioridade seja o mais afastado da visão do observador (para trás do plano) e o de maior prioridade em uma visão mais próxima. Em seguida, uma curva é traçada de um modo que ligue em ordem crescente os grupos mais próximos do observador; caso essa curva traçada esteja em movimento horário receberá uma configuração R (*rectus*), mas se estiver obedecendo o movimento anti-horário a nomenclatura será a conformação S (*sinister*) (figura 5) (MAGALHÃES, 2016).

Figura 5: Representação de enantiômeros do 2-bromobutano na nomenclatura R/S.



Fonte: Bruice, p. 189, 2006

2.2.4 A Estereoquímica no dia a dia

2.2.4.1 Estereoquímica na indústria farmacêutica

A estereoquímica está presente em muitos fármacos, onde a existência de dois enantiômeros de um composto fármaco pode simbolizar a

divergência na ação metabólica; existem diversos efeitos contrários como, um enantiômero de determinado fármaco pode ser terapêutico e o outro enantiômero pode gerar efeitos indesejáveis no corpo vivo (LIMA, 1997).

Apesar da mistura racêmica da maioria dos fármacos possuir características biológicas inferiores aos dos enantiômeros puros, os fármacos são comercializados praticamente na forma racêmica devido as dificuldades nos processos de síntese dos enantiômeros puros, sendo necessário diversas etapas e assim tornando economicamente inviável (LIMA, 1997).

Dessa forma é importante compreender as reais ações dos enantiômeros, como as atividades biológicas e seus possíveis efeitos no corpo vivo. As interações dos enantiômeros com o organismo podem ser variadas de acordo com o composto, por exemplo existem fármacos que um dos enantiômeros apresenta atividade farmacológica e o outro é inativo, já tem outros fármacos que os enantiômeros possuem atividades semelhantes entretanto diferem na potência de suas ações. A figura 6 mostra alguns exemplos de fármacos comercializados como mistura racêmica e suas diferentes ações de acordo com os enantiômeros (LIMA, 1997).

Figura 6:Exemplos de fármacos (mistura racêmica) e seus possíveis efeitos de acordo com os tipos de enantiômeros.

Fármaco	Efeito
etambutol	forma <i>SS</i> : tuberculostático forma <i>RR</i> : pode provocar cegueira
penicilamina	forma <i>S</i> : anti-artrítico forma <i>R</i> : extremamente tóxico
estrone	forma (+): hormônio estrogênico forma (-): inativo
adrenalina	a forma levógira é 20 vezes mais ativa e igualmente mais tóxica
talidomida	forma <i>R</i> : sedativo forma <i>S</i> : teratogênico
salbutamol	forma <i>R</i> (-) é 80 vezes mais ativo que a forma <i>S</i> (+)
bupivacaína	forma (±): ambos os isômeros possuem atividade anestésica local, mas apenas o isômero (-) apresenta ação vasoconstritora, prolongando assim a ação anestésica local
anfetamina	a forma dextrógira é 2 vezes mais ativa que o enantiômero (-)
indacrinona	forma (+): ação diurética e retenção do ácido úrico forma (-): efeito uricosúrico
clorfeniramina	a atividade anti-histamínica é devida essencialmente à configuração <i>S</i> (+)

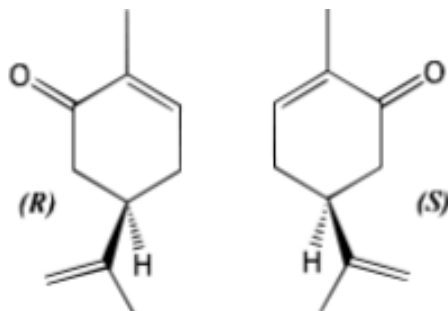
Fonte: Lima, 1997.

2.2.4.2 Estereoquímica na natureza

Na natureza existem diversos grupos de compostos que possuem enantiômeros, assim, possuindo diferenças na atividade biológica e representando características diferenciadas e específicas. A carvona, o limoneno e o linalol são alguns exemplos desses compostos (OLIVEIRA, 2011).

A carvona (Figura 7) é um dos exemplos de terpenos sendo encontrada na natureza nas formas de (S)-(+)-carvona, responsável pelo odor característico do cominho e a (R)-(-)-carvona, composto presente na hortelã. (YOUNIS; BESHIR, 2004). A carvona possui atividade inseticida, antifúngica e antibacteriana (FRIEDMAN *et al.*, 2002).

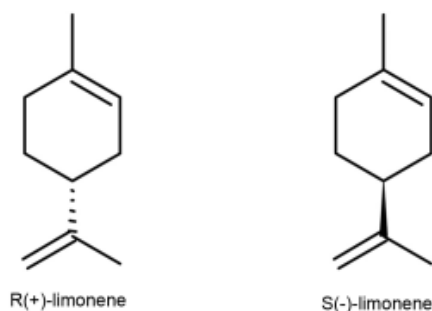
Figura 7: Estrutura química da Carvona nas configurações R e S.



Fonte: Oliveira, 2011.

O limoneno (figura 8) é considerado um monoterpene e está presente na estrutura de diversos vegetais. Na natureza pode ser encontrado na forma S-(-)-limoneno presente em ervas como a *Mentha ssp* e R-(+)-limoneno presente em grande parte na laranja e no limão (MAROSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007).

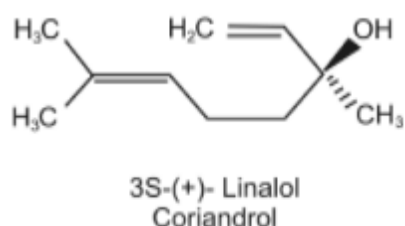
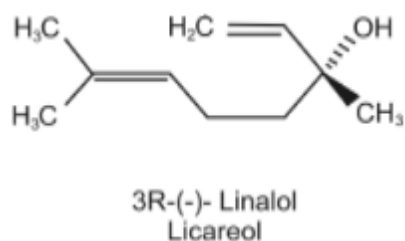
Figura 8: Estrutura química do Limoneno nas configurações R e S.



Fonte: Ferrarini, et al. 2008.

Outro exemplo de composto opticamente ativo na natureza é o linalol (figura 9) sendo encontrado nas formas R-(-)-linalol (licareol) e S-(+)-linalol (coriandrol). O licareol possui um odor específico de lavanda já o coriandrol possui um odor herbáceo com notas cítricas presentes (SIANI *et al.*, 2013; CAMARGO; VASCONCELOS, 2014).

Figura 9: Estrutura química do Linalol nas configurações R e S.



Fonte: SIANI *et al.*, 2013.

2.2.5 O Ensino da estereoquímica

2.2.5.1 As dificuldades no ensino de estereoquímica e a importância da visualização científica na química.

As dificuldades na disciplina de química são abundantes no processo de aprendizagem, então quando trata-se da visualização de moléculas em seu plano tridimensional o entrave na compreensão do conteúdo aumenta, sendo a estereoquímica reconhecida pelos alunos como algo complexo; vários autores (RAUPP *et al.*, 2009; WU; SHAH, 2004; AL-BALUSHI, ALHAJRI, 2014) afirmam que estereoquímica é um conteúdo de alta complexidade para os alunos da educação básica do nível médio, onde várias dificuldades são expostas em suas pesquisas.

Além disso, a falta de motivação dos estudantes durante esse processo é também um dos principais fatores da dificuldade de compreensão da matéria; tornar interessante um assunto em determinada área impulsiona o prazer de conhecimento do aluno, proporciona a investigação, a busca pela solução de problemas e os questionamentos se tornam mais palpáveis, assim, possibilita a construção de uma aprendizagem significativa (WU; SHAH, 2004; CARDOSO; COLINVAUX, 2000; RAUPP *et al.* 2020).

Segundo Silva e Silva (2007) identificaram que o cerne das dificuldades encontradas pelos estudantes quanto ao conteúdo de estereoquímica são as fórmulas estruturais e a nomenclatura, assim ocasionando problemas na progressão da aprendizagem; além disso, de acordo com Torricelli (2007) é importante que o estudante possua a capacidade cognitiva para melhor visualização mental dessas estruturas, abstraindo a ideia do conteúdo, entretanto, a maioria não possui essa habilidade.

Essas habilidades cognitivas devem fazer parte do processo de aprendizagem do aluno, facilitando o entendimento dos aspectos tridimensionais, das características e formas de ligação e da forma como os átomos estão conectados e representados no espaço (ALBALUSHI, AL-HAJRI, 2014). Segundo Wu e Shah (2004) os estudantes devem ter essa capacidade de visualização pois só assim conseguiram compreender as diferenças no âmbito da estereoisomeria. Rezende (2016) afirma que a falta da visualização de moléculas no plano 3D impossibilita o avanço conceitual da estereoisomeria para o aluno, dificultando o processo de ensino-aprendizagem.

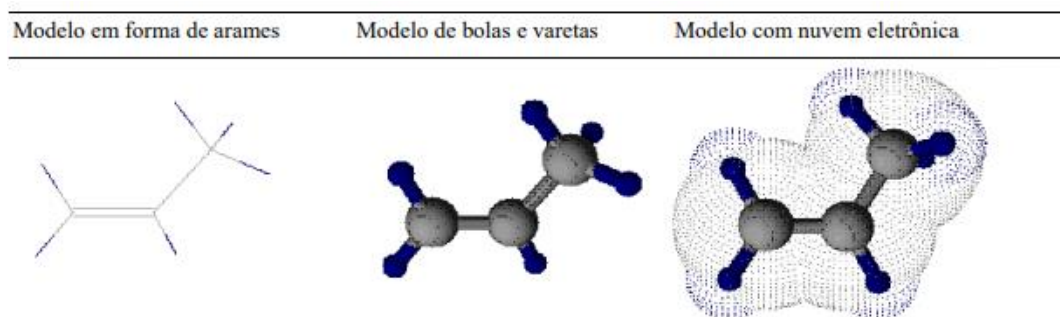
Para contornar esses problemas de aprendizagem é importante que haja o desenvolvimento da visualização científica no processo de ensino da química, tornando um conteúdo até então abstrato mais palpável, onde através dessas representações o conhecimento pode ser contruído facilitando a evolução de conceitos; essa visualização só é possível com o uso das capacidades perceptivas e cognitivas do aluno, funcionando como ferramentas de aprendizado (ALEXANDRE; TAVARES, 2007).

Com o intuito de construir essa imagem mentalmente durante o processo de ensino de estereoquímica, trabalhando com o cognitivo do aluno e seus sensores de percepção, podem ser utilizados diversas ferramentas educacionais computacionais (virtuais) ou manuais com os simples modelos construídos de bolas e varetas conforme representado na figura 10; assim, para Jorge et al., p. 152 (2013):

Em Química, a visualização científica geralmente é denominada como sinônimo de visualização molecular. O termo visualização molecular significa o uso de qualquer tipo de representação não verbal, como, por exemplo, fórmulas químicas, diagramas, gráficos, símbolos químicos, representações estruturais, fotografias, imagens, modelos, simulações, animações, softwares interativos, com existência concreta ou virtual, em formato 1D, 2D ou 3D que permitem uma “interpretação científica”. Geralmente, os termos: recursos visuais, ferramentas

visuais e representações visuais são usados como sinônimos de visualização (JORGE et al., 2013, p. 152).

Figura 10: Modelos moleculares no ensino de Química



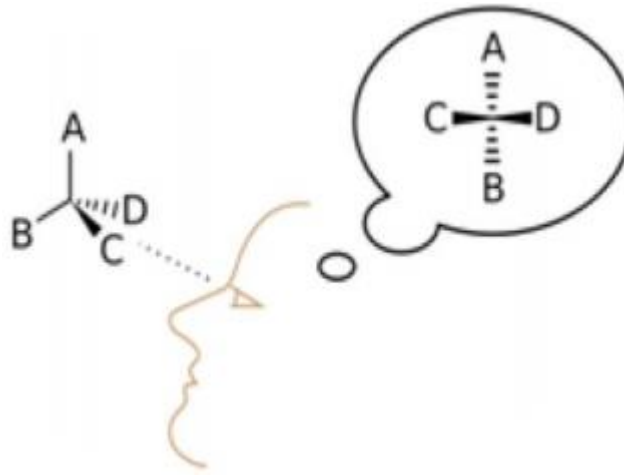
Fonte: RAUPP, 2015, p. 26.

Essa habilidade visuoespacial é muito importante para o processo de evolução conceitual facilitando a compreensão de muitos conceitos da química, inclusive de estereoquímica, interpretando de um modo mais adequado como acontece a disposição dessas moléculas no espaço (URHAHNE *et al.*, 2009). Na pesquisa realizada por Jorge et al. (2013) usando os modelos bidimensionais, tridimensionais e mistas nas aulas de química e pôde perceber que os resultados foram melhores no quesito retenção do conteúdo quando os modelos foram utilizados de forma mista ora bidimensionais ora tridimensionais.

a visualização molecular como forma de linguagem visual é de fundamental importância na elaboração conceitual em Química e que, tal como a linguagem verbal, seu papel não é meramente o de comunicar ideias, mas também o de construir novos conhecimentos. É importante lembrar que a linguagem química expressa diferentes níveis de abstração. Por exemplo, os estudos da estrutura da matéria e da teoria molecular, em especial, nos remetem a formas de representação visual, sem as quais a elaboração conceitual torna-se praticamente inviável (JORGE et al. p. 152, 2013).

De acordo com Raupp (2015) existem dois momentos de visualização: a externa e a interna. A visualização externa (figura 11) ocorre com o uso dos modelos físicos moleculares, ocorrendo a percepção visual e servindo de suporte para a interpretação total da molécula; já a visualização interna é o resultado desse processo cognitivo e sua interpretação desenhada na mente, assim, construindo mentalmente a ideia da molécula e sua projeção espacial, conforme representado na figura 11.

Figura 11: Visualização interna sendo desenhada mentalmente através do suporte da visualização externa.



Fonte: Raupp, 2015, p. 28.

2.3 Neurociência: uma visão micro para uma compreensão macro das atividades neurais do ser humano.

2.3.1 O Sistema nervoso

O sistema nervoso está ligado a todos os estímulos e respostas do indivíduo para o ambiente interno ou externo do corpo, coordenando todas as ações que correspondem às manifestações fisiológicas ou psicológicas. Pode-se afirmar que o sistema nervoso centraliza o comando de todo o ser vivo, agindo de forma involuntária ou voluntária (LENT, 2004).

Segundo Relvas (2005, p. 33) “o sistema nervoso detecta estímulos externos e internos, tanto físico quanto químico, e desencadeia respostas musculares e glandulares”. Sabendo disso, pode-se perceber que a estrutura do sistema nervoso é complexa, onde essa complexidade é derivada principalmente da diversidade tipos celulares, além da construção de uma rede de conexões entre essas células nervosas (neurônios e células gliais) que estão espalhadas por todo o corpo (STIPURSKY *et al.* 2011); nessa perspectiva, o sistema nervoso pode ser dividido em 2 partes: o Sistema Nervoso Central (SNC) e o Sistema Nervoso Periférico (SNP) (BRANDÃO, 2004).

O SNC é constituído pelo encéfalo e pela medula espinhal. O encéfalo é subdividido em cérebro, tronco encefálico e cerebelo e está presente dentro da

caixa craniana, possuindo formato irregular, cheios de saliências e subdivisões; suas funções são diversas e estão relacionadas, principalmente, à parte cognitiva do ser humano, coordenando os pensamentos e as emoções. A medula espinhal é a continuidade do encéfalo e é encontrada no interior da coluna vertebral, possui uma forma aproximadamente cilíndrica e corresponde a coordenação da parte motora e sensitiva (BRANDÃO, 2004; LENT, 2004; DAMÁSIO, 1996).

O SNP é formado pelos nervos e gânglios, além de ser importante também as terminações nervosas, onde todas essas estruturas estão ligadas a medula espinhal. Os nervos são responsáveis pela ligação dos demais órgãos ao sistema nervoso, conduzindo os comandos e os gânglios são acúmulos de células nervosas fora do SNC (BRANDÃO, 2004).

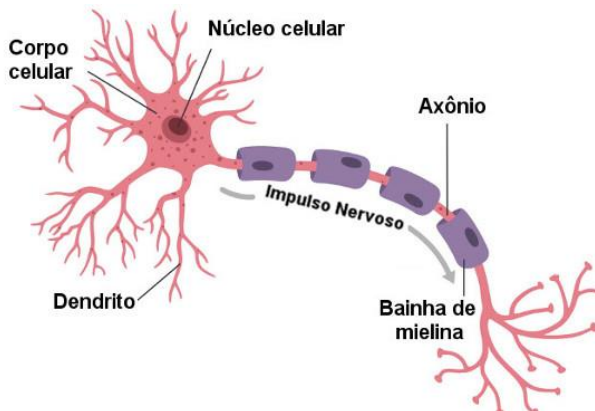
2.3.1.1 Os neurônios e as células gliais

Os neurônios (figura 12) são as unidades fundamentais do sistema nervoso, sendo estruturas que só podem ser visualizados com ajuda de um microscópio (aumentando cerca de 500 vezes). São responsáveis por diversas conexões – as sinapses – que representam inúmeras transmissões de informações neurais, visto que existem cerca de 85 bilhões de neurônios no cérebro humano, sendo células especializadas em comunicação, ocorrendo a todo instante esse processo, contribuindo para o funcionamento de atividades como, pensamento, sentimentos e ações do ser humano, dentre outros (LENT, 2004; CONSENZA; GUERRA, 2011).

Quanto à estrutura, representada na figura 12, os neurônios possuem três regiões: dentritos, corpo celular e axônio. Os dentritos são responsáveis pela captação, através de sinais químicos, das informações vindas de outros neurônios, em seguida, após receber esses sinais, a informação passa para o corpo celular, onde serve de caminho para a propagação dessa transmissão, após isso, essa sinapse é conduzida em direção ao axônio (estrutura localizada na outra extremidade do neurônio), onde é composto de terminações chamados de botões terminais que recebem o impulso elétrico vindo do corpo celular e libera esse impulso na forma de sinal químico para a fenda sináptica. Desse

modo, as informações são dirigidas a outras células do circuito neural (GAZZANINGA; HEATHERTON, 2007).

Figura 12: Estrutura básica do neurônio



Fonte: brainlatam.com

Segundo Stipursky *et al.* (2011), além dos neurônios, o Sistema Nervoso é composto por células gliais que podem ser divididas em células macrogliais e células microgliais; segundo os autores, existem evidências de que essas células participam de diversos fenômenos no processo de desenvolvimento cerebral, como a proliferação de neurônios percursoros e a formação de sinapses. Conforme Gomes *et al.* (2013, p. 64), “os astrócitos são as células gliais mais abundantes no SNC, e constituem aproximadamente metade das células do cérebro humano”.

Os astrócitos desempenham uma série de funções essenciais para a homeostase do SNC, incluindo manutenção dos níveis iônicos do meio extracelular, alterados com a descarga de potenciais de ação dos neurônios; captação e liberação de diversos neurotransmissores, tendo um papel crítico no metabolismo dos neurotransmissores, glutamato e GABA; participação na formação da barreira hematoencefálica; secreção de fatores tróficos essenciais para a sobrevivência e diferenciação dos neurônios, direcionamento de axônios e formação e funcionamento das sinapses [...] Também estão envolvidos na regulação do fluxo sanguíneo cerebral e do acoplamento neurovascular, bem como no auxílio na defesa imune, por meio da síntese e secreção de diversas citocinas inflamatórias. Além disso, essas células têm grande impacto no controle energético cerebral, em razão do fornecimento de energia e metabólitos (GOMES *et al.* 2013, p. 64).

Dessa forma, pode-se perceber a importância dos astrócitos, onde estes estão diretamente relacionados com os neurônios, onde um único astrócito pode estabelecer conexões com cerca de 10^5 sinapses e até 600 dendritos,

ajudando na maturação morfológica dos dentritos, existindo até a possibilidade de que os astrócitos podem liberar moléculas neuroativas (glutamato) que influenciam a formação das sinapses (Halassa et al. 2007).

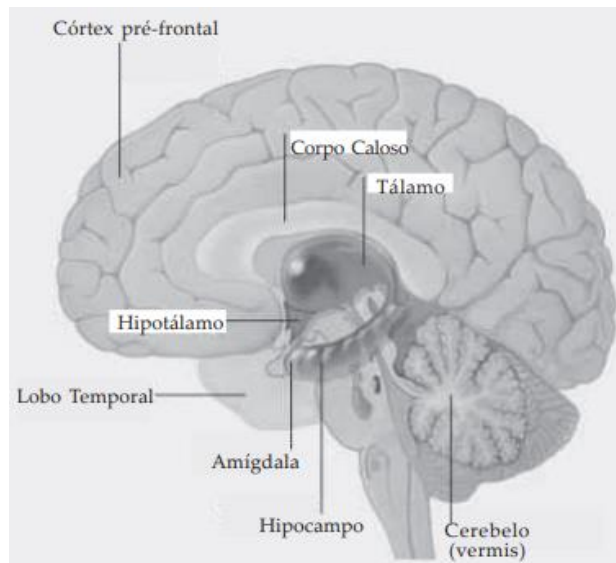
2.3.1.2 Encéfalo

O Sistema Nervoso Central, como já foi citado, é composto por 2 partes: a medula espinhal e o encéfalo, essas partes do Sistema Nervoso puderam ser identificadas e estudadas ao longo do tempo com o avanço de exames de imagem e, aos poucos, a ciência descobriu que o encéfalo é organizado em seis estruturas principais, a saber, o bulbo, o cerebelo, a ponte, o mesencéfalo, o diencéfalo e o cérebro (KANDEL, *et al.* 2014; LUNDY-EKMAN, 2004).

O bulbo conduz comandos para a medula espinhal e controla diversos comandos como os movimentos respiratórios, circulação e digestão; o cerebelo controla comandos como os movimentos voluntários do corpo, o equilíbrio e a postura; a ponte participa de atividades juntamente com o bulbo, auxiliando em processos como a respiração, além de transmitir impulsos para o cerebelo; o mesencéfalo constitui junto com a ponte e o bulbo uma estrutura chamada de tronco encefálico e está relacionado a algumas funções como controle da visão, audição e movimentos do corpo. O diencéfalo inclui o tálamo e suas diversas divisões, como o hipotálamo, e é responsável por enviar informações para o córtex cerebral, por alguns comportamentos como os reprodutivos e os digestivos, expressão emocional e a regulação endócrinológica (KANDEL, *et al.* 2014; LUNDY-EKMAN, 2004).

Por último, o cérebro é constituído de três camadas, de baixo para cima: o cérebro reptiliano é a camada mais primitiva, composto pelo tronco cerebral é responsável por atividades de sobrevivência e pode ser conhecido também como cérebro dos instintos; o cérebro paleomamífero ou sistema límbico está acima do cérebro reptiliano e é constituído pela amígdala, hipocampo e hipotálamo responsável pelas emoções, memória e aprendizado.

Figura 13: Estruturas corticais e subcorticais que estão ligadas ao sistema límbico.



Fonte: (PANTANO; ZORZI, 2009).

Além disso, Fonseca (2016) ainda destacou que o sistema límbico possui um

impacto na sobrevivência, na adaptabilidade, na sociabilidade e, sobretudo, na aprendizagem é inquestionável, quer nos seus aspectos positivos, quer nos seus aspectos negativos, quer nas suas dimensões conscientes, quer inconscientes. Nos aspectos positivos, porque o envolvimento emocional e motivacional e o engajamento conativo do indivíduo auxiliam, efetivamente, as funções cognitivas e executivas a operarem de forma integrada e internalizada, a imagiologia cerebral comprovam-no claramente. As emoções mobilizando as funções da memória de curto prazo e de trabalho a engendrar processos de memória de longo prazo consubstanciam a evidência que a adaptabilidade e a aprendizagem são operadas no cérebro objetivamente (FONSECA, V. 2016, p. 367).

Dessa forma, o autor afirmou que a aprendizagem é um produto dos circuitos neurais:

A aprendizagem, podendo ser vista como uma associação particular de estímulo-resposta que pode ser premiada ou castigada (dimensão interacional e emocional), gera, como consequência da experiência e da prática investida, modificabilidades comportamentais de competências e habilidades. A aprendizagem ao ocorrer adequadamente estabelece circuitos neuronais no cérebro do indivíduo, transformando a sua mente e o sentimento de si próprio (FONSECA, V. 2016, p. 367).

Em contrapartida, o mesmo autor também enfatizou os problemas que um discente pode ter caso seja submetido a um momento de desconforto, estresse ou insegurança.

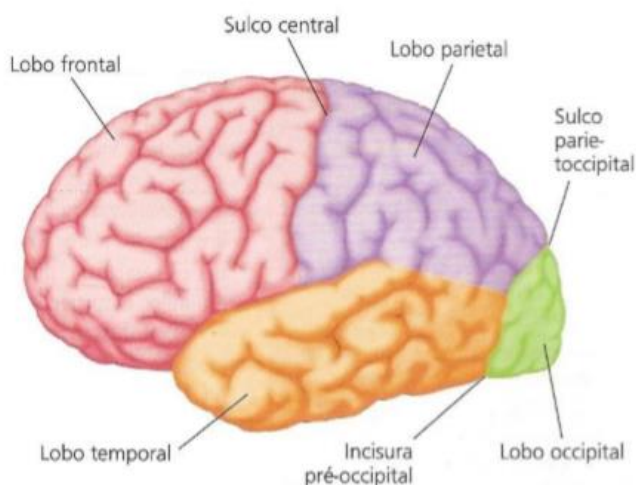
Nos aspectos negativos, porque as situações, os desafios ou as tarefas de aprendizagem não devem gerar no indivíduo qualquer vestígio emocional de ameaça, de desconforto, de insegurança, receio ou medo, pois neste caso a acessibilidade às funções cognitivas superiores de retenção, de planificação, de tomada de decisão, de execução e de monitorização e verificação ficam bloqueadas e comprometem o funcionamento mental adaptado que retrata o processo de aprendizagem na sua fase final de fluência e de automaticidade (FONSECA, V. 2016, p. 367).

Para completar o encéfalo tem-se a terceira camada que é o neocórtex sendo a camada mais evoluída, responsável pelo desenvolvimento cognitivo, linguagem, motor e sensorial, está conectado com o sistema límbico controlando as emoções (WATAGODAKUMBURA, 2015).

O neocórtex está dividido em quatro lobos (figura 14): frontal, parietal, occipital e temporal (KANDEL, *et al.* 2014; LUNDY-EKMAN, 2004). O lobo frontal é responsável pelo intelecto, concentração, pensamento e é exclusivamente humano; o lobo parietal está associado a orientação espacial e interpretação de informações visuais, além do reconhecimento dos impulsos sensoriais; o lobo occipital está associado à visão, proporcionando, por exemplo, o reconhecimento de objetos pelo olhar, ou seja, o processamento de imagens; o lobo temporal é responsável pela recepção e decodificação dos estímulos auditivos que se coordenam com os impulsos visuais (WATAGODAKUMBURA, 2015).

Além disso, o cérebro pode ser dividido em dois hemisférios: direito e esquerdo. O direito está relacionado com a espacialidade e a temporalidade, ou seja, é sensível aos gestos, movimentos e linguagem corporal; o hemisfério esquerdo é ligado a linguagem, operações numéricas e análises. Os hemisférios estão ligados por fibras conhecidas como corpo caloso (WATAGODAKUMBURA, 2015).

Figura 14: Esquema representativo dos lobos cerebrais



Fonte: Gazzaniga e Heatherton (2007, p. 95)

Consenza e Guerra (2011, p.15) afirmaram que “o córtex cerebral contém bilhões de neurônios organizados em circuitos bastante complexos que se encarregam de funções como a linguagem, a memória, o planejamento de ações, o raciocínio crítico, etc.” Então, pode-se afirmar que essa área do encéfalo possui notória importância para o processo de aprendizagem do indivíduo, visto que a memória, linguagem e raciocínio crítico estão relacionados com tal processo e sem essas funções o aprendizado não ocorreria (CARVALHO, 2011).

2.3.1.3 Neuroplasticidade

A neuroplasticidade é qualquer alteração do Sistema Nervoso provocada por uma influência ambiental. Com isso, essas transformações podem estar associadas à adaptações que o Sistema Nervoso pode sofrer lentamente por alguma condição ambiental, por exemplo, o processo de aprendizagem e memorização. Além disso, essas alterações também podem ocorrer de forma artificial sendo provocada por cirurgia, devido à lesão traumática, ocorrendo assim de forma rápida (BORELLA; SACCHELLI, 2009).

O Sistema Nervoso é estruturado ainda na fase embrionária (durante a gravidez), entretanto, ao longo da vida, esse sistema vai sofrendo modificações de acordo com o cotidiano e experiências do indivíduo, são nessas transformações que ocorre o amadurecimento dos neurônios e a construção do

cognitivo, através da aquisição de novas habilidades. A neuroplasticidade ocorre com maior intensidade na fase infantil, diminuindo de modo gradativo durante a vida adulta. Desse modo, pode-se enfatizar que a plasticidade neural é a capacidade de reorganização do cérebro baseado em novas experiências (BAVELIER; NEVILLE, 2002; LENT, 2004).

Existem três tipos de neuroplasticidade: a morfológica, funcional e a comportamental. A plasticidade neural do tipo morfológica acontece alterações nas estruturas dos neurônios, seja nos axônios, dendritos ou até mesmo nas sinapses, onde ocorrem reorganizações na estrutura neural podendo ocorrer a formação de novas sinapses, fortalecendo as conexões neurais. A plasticidade neural do tipo funcional são alterações que ocorre na fisiologia neuronal e sináptica; e a comportamental envolve mudanças nos processos de aprendizagem e memória (BORELLA; SACCHELLI, 2009).

Dessa forma, houve a necessidade de unir perspectivas de estudos que interligassem conhecimentos relacionados ao funcionamento do sistema nervoso, aspectos cerebrais, neurofisiológicos, psicológicos, analisando anatomia e comportamento paralelamente, sendo assim, possível disseminar os estudos da neurociência, trazendo consigo a interdisciplinaridade em busca da compreensão de algo tão complexo como as estruturas do sistema nervoso em prol das descobertas de soluções de diversos problemas, como, mal de Alzheimer, mal de parkson e também transtornos comportamentais e deficiências de aprendizado (VENTURA, 2010).

2.3.2 Aspectos históricos da neurociência

A neurociência estuda a complexidade do sistema nervoso, possibilitando, através das análises da estrutura, da composição química e das patologias, por exemplo, a sua compreensão; entretanto, a história desse ramo da ciência ainda é bastante recente, sendo desenvolvida consideravelmente a partir do século XIX com as análises de estímulos e com as sinapses que são construídas e reorganizadas quando incentivadas (BARTOSZECK, 2006; LUNDY-EKMAN, 2004).

Através dos avanços tecnológicos e das técnicas de aquisição de imagens, como o microscópio eletrônico e a tomografia computadorizada,

respectivamente, pode-se estudar e entender mais claramente as estruturas do sistema nervoso, como a medula espinhal e o encéfalo, por exemplo. Desse modo, tornou-se possível estudar alguns fenômenos como, por exemplo, a linguagem, a comunicação, a aprendizagem, a memória e as emoções (VENTURA, 2010).

Eric Kandel (2003) é conhecido pelos seus estudos na área da neurociência, sendo considerado como o pai desse ramo da ciência (VIZZOTTO, 2019). Ele ganhou um prêmio Nobel de Medicina, em 2000, por apresentar descobertas relacionadas as sinapses que ocorrem entre os neurônios no cérebro humano¹, revelando, em parceria com outros cientistas renomados, tópicos importantes para o estudo do processo de formação da memória e até como soluções para doenças relacionadas a memória, por exemplo, o mal de Alzheimer. (NOSSA CAPA, 2004).

Os anos de 1990 a 2000 ficaram conhecidos como a “Década do Cerebro”, onde pode-se perceber o engajamento dos pesquisadores por entender mais sobre o sistema nervoso e seus comportamentos, apresentando inúmeros destaques na produção científica internacional (GOMES *et al.*, 2013). Desde então, o ramo da neurociência e suas pesquisas continuam em expansão, onde são priorizadas questões relacionadas ao desenvolvimento das atividades neurais humanas, pois, tal ramo objetiva a melhoria dos processos sociais seja no âmbito educacional, tratando de melhorias nos processos de aprendizagem; empresarial, questionando o comportamento humano nas tomadas de decisões, como no caso do *neuromarketing*, por exemplo, dentre outros campos sociais (VENTURA, 2010).

2.3.2.1 Investigações da neurociência no Brasil

Os estudos acerca da neurociência no Brasil estão em destaque entre os pesquisadores e o meio acadêmico, onde inicialmente, as pesquisas estavam

¹ O prêmio Nobel de Medicina foi dado a Eric Kandel, Arvid Carlsson e Paul Greengard ao publicarem trabalhos voltados para como acontecem as transmissões sinápticas no sistema nervoso, desse modo sendo crucial para a compreensão de doenças neurológicas, como a doença de Parkinson e até mesmo para o desenvolvimento de tratamentos para esquizofrenia, dentre outros. Esses cientistas foram pioneiros na abordagem sináptica, onde procuraram interpretar esses sinais transmitidos de célula a célula. Eric Kandel por sua vez, através de estudos experimentais com moluscos, identificou a relação das sinapses para o aprendizado e memória (NOSSA CAPA, 2004).

particularmente interligadas às ciências biológicas e médicas, entretanto esses estudos têm avançado e, atualmente está sendo repercutido em diversas áreas de modo interdisciplinar, como, educação, *marketing*, engenharia, dentre outros, possuindo uma boa representação de profissionais e estudiosos competentes que trabalham para o desenvolvimento dessa ciência em solo brasileiro (RIEDER, 2014).

Guimarães *et al.* (2014) realizaram um estudo comparativo entre os países da América Latina com base em levantamento de dados acerca da produção científica sobre neurociência entre os anos 1996 a 2011; nessa análise foi possível identificar que “o Brasil apresentou o maior índice de crescimento, seguido do México e Argentina”. Segundo os autores, a neurociência pode elucidar diversos questionamentos acerca dos processos de aprendizagem e memória, das funções neurais do ser humano e suas relações com o comportamento proporcionando a melhoria nas relações sociais.

Rocha *et al.* (2020) realizaram uma pesquisa de atualização dos dados de Guimarães *et al.* (2014) onde avaliaram as mesmas condições do trabalho anterior, comparando a produção científica sobre neurociência entre o Brasil com os países da América Latina e BRICS²; na pesquisa atualizada realizada em uma amostra de período entre 1996 e 2018 Rocha *et al.* (2020) puderam perceber que houve um crescimento de 104,15% em relação a pesquisa anterior.

A produção científica no Brasil acerca da neurociência está em fase de crescimento desde o início do século (Rocha *et al.* 2020), sendo necessário afirmar a importância da continuidade de grupos de estudos nos âmbitos acadêmicos, fortalecendo programas de iniciação científica e a formação de novos grupos de pesquisa para auxiliar no avanço desses estudos no Brasil, produzindo novas ideias e respondendo questionamentos sobre a atividade neural do ser humano, discutindo o seu comportamento como ser social (ROCHA *et al.*, 2020).

Na pesquisa de Cheida (2017), o autor entrevistou o neurocientista brasileiro Sidarta Ribeiro acerca da história da neurociência no Brasil, onde na oportunidade, o entrevistado afirmou que a tradição das pesquisas em

² BRICS – agrupamento de países emergentes em relação ao desenvolvimento econômico fazendo parte, Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

neurociências no Brasil se dá nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, onde se concentram a maioria dos pesquisadores brasileiros da área.

Nessa perspectiva, Cheida (2017) retrata os principais pioneiros brasileiros da neurociência, onde em entrevista Roberto Lent (UFRJ) cita João Baptista de Lacerda como pioneiro responsável pelas tradições precursoras de estudos do sistema nervoso no Brasil e também estudos experimentais em animais.

Outra neurocientista citada pelo autor é Dora Selma Fiz Ventura (USP), onde ganhou a Medalha de Neurociências Brasil de 2010; sua formação inicial é em Psicologia na USP, iniciando em 1957 e, assim, entrou nas investigações neurocientíficas devido a possibilidade de fazer experimentação e obter dados específicos e controlados na psicologia, logo mais tarde realizou doutorado em Psicologia Experimental, onde suas pretensões eram analisar as relações entre o cérebro e o comportamento.

A primeira sociedade que constituiu um espaço de disseminação do conhecimento sobre o cérebro foi a SBFis, criada em 1957, na Faculdade de Medicina da Universidade Brasil, no Rio de Janeiro. Alguns pesquisadores que pertencem à narrativa da história da comunidade neurocientífica foram os fundadores de tal sociedade, tais como Aristides Pacheco Leão, Hiss Martins Ferreira, Carlos Chagas Filho, Thales Martins, José Ribeiro do Valle, Maurício Rocha e Silva (CHEIDA, p. 163, 2017).

Além da SBFis, outros espaços foram criados também com o intuito de disseminar conhecimentos sobre o funcionamento cerebral e o sistema nervoso; a SBFTE (Sociedade Brasileira de Farmacologia e Terapêutica Experimental), fundada em 1966 com o objetivo de desenvolver estudos acerca da farmacologia e terapêutica experimental (CHEIDA, 2017).

Em 1971 foi criada a SLAP (Sociedade Latino Americana de Psicobiologia), onde reuniu pesquisadores de diversas áreas, como neuroquímicos, neuroanatomistas, psicólogos, dentre outros, e, assim puderam de forma interdisciplinar discutir o funcionamento do cérebro; e, em 1977 foi fundada a SBNeC (Sociedade Brasileira de Neurociência e Comportamento) onde possibilitou o desenvolvimento de estudos sobre os aspectos funcionais e estruturais do cérebro relacionados com o sistema nervoso e a interligação com o comportamento (CHEIDA, 2017).

2.3.3 Neuroeducação

As funções do organismo coordenadas pelo encéfalo como memória, emoções e aprendizagem só podem ser estabelecidas com a existência de conexões entre os neurônios; estudos afirmam que o encéfalo humano possui cerca de 86 bilhões de neurônios, células próprias do sistema nervoso, onde elas interagem entre si e com outros tipos de células, formando uma rede de propagação de informações através dos neurotransmissores (MACHADO, 2013).

Desse modo, com o advento da era da informação e o acesso praticamente instantâneo das informações que percorrem os meios de comunicação houve o aumento da necessidade de compreender como funcionam as estruturas cerebrais e a mente no processo de captação do conhecimento, visto que essas estruturas são importantes para que aconteça a interpretação das situações que ocorrem no cotidiano. Com isso, houve o avanço dos estudos relacionados à neurociência que tentam explicar o funcionamento cerebral em diversos campos, inclusive na interpretação de como é desenhado o processo de aprendizado dentro do individualismo de cada aluno, trabalhando com suas dificuldades e necessidades (LENT, 2010; SANTOS; SOUSA, 2016).

As conexões neurais, a construção e reorganização de novas sinapses, trazendo o conceito da neuroplasticidade, permite que o cérebro passe por diversos momentos de adaptação e, conseqüentemente, de aprendizado, uma vez que “plasticidade neural” na neurociência é o constante aprendizado através das condições/ situações vividas pelo indivíduo (BORELLA; SACCHELLI, 2009).

A aprendizagem, portanto, é o processo em virtude do qual se associam coisas ou eventos no mundo, graças à qual adquirimos novos conhecimentos. Denominamos memória o processo pelo qual conservamos esses conhecimentos ao longo do tempo. Os processos de aprendizagem e memória modificam o cérebro e a conduta do ser vivo que os experimenta (Mora, 2004, p. 94).

Segundo a neurociência (KANDEL, *et al.* 2014; CONSENZA; GUERRA, 2011; SANTOS; SOUSA, 2016), o aprendizado ocorre através da construção de redes neurais altamente plásticas que são organizadas de acordo com os estímulos externos; essas redes são completamente plásticas e mutáveis, onde nessa perspectiva, as sinapses neurais são construídas e

destruídas todo o tempo, assim, permitindo que os seres humanos possuam alto potencial de aprendizado, sendo este também bastante maleável, ou seja, dinâmico (DOUGLAS; MARKRAM; MARTIN, 2004).

As conexões estabelecidas entre as células nervosas são fortalecidas através da interação com o meio externo, onde a falta desse estímulo pode acarretar nos *deficit* de aprendizagem do indivíduo; desse modo, para uma aprendizagem adequada é necessário que ocorra um direcionamento correto desses estímulos através de metodologias diferenciadas no momento do ensino, é importante ressaltar também que esse estímulo deve chamar a atenção do aluno, seja de importância e utilidade do aluno, afim que ele possa desenvolver habilidades dentro do recomendado (GUERRA, 2011).

Consenza e Guerra (2011) afirmaram que o cérebro é responsável pela captação das informações e do modo como armazenamos o conhecimento adquirido. Nessa perspectiva, compreender como o cérebro funciona e a melhor forma de estimular o seu desenvolvimento é do interesse de todas as pessoas que fazem parte do âmbito educacional para melhorar o processo de ensino – aprendizagem, desenvolvendo novas estratégias pedagógicas vinculadas ao melhor aproveitamento do cognitivo dos alunos.

Educadores- professores e pais- assim como psicólogos, neurologistas ou psiquiatras são, de certa maneira, aqueles que mais trabalham com o cérebro. Mais do que intervir quando ele não funciona bem, os educadores contribuem para a organização do sistema nervoso do aprendiz e, portanto, dos comportamentos que ele apresentará durante a vida. E essa é uma tarefa de grande responsabilidade! Portanto, é curioso não conhecerem o funcionamento cerebral (Cosenza; Guerra, 2011, p.7).

Todas as descobertas da neurociência permite inúmeras possibilidades para o avanço no âmbito educacional; em uma época onde os transtornos e *deficit* de aprendizado estão cada vez mais esclarecidos pelos pesquisadores docentes, entender como acontecem os mecanismos cerebrais proporciona a potencialização do aprendizado, apresentando novos horizontes dentro do ensino, sendo uma ferramenta necessária na prática pedagógica, buscando assim, formas que melhorem e tornem cada vez mais eficaz todo esse processo, onde o conhecimento possa chegar mais palpável, ou seja, concreto e significativo ao aluno (ROTTA, 2007).

Com as transformações percebidas ao longo dos anos, como a diversidade de alunos com diferentes crenças e etnias; as mudanças culturais; os avanços tecnológicos; as mudanças na estrutura familiar, as quais podem promover ou não para um bom desempenho cognitivo, poder-se-ia perceber desde então os reflexos dessas transformações dentro do âmbito escolar, e conseqüentemente a necessidade de atualização das práticas educacionais, tanto para que a aprendizagem fosse de fato efetiva dentro das salas de aula, como para preparar estes alunos para as transformações dentro da contemporaneidade (SANTOS; SOUSA, 2016, p. 3)

Dessa forma, como os autores retrataram, é necessário ressaltar que com tantos avanços sociais e com a busca da integração da sociedade de modo geral, é notório a importância de um processo de ensino-aprendizagem mais diversificado, menos monótono e engessado, saindo do tradicionalismo pedagógico, buscando entender mais o individualismo de cada ser dentro do processo e suas peculiaridades de acordo com o contexto social, pois, a educação não pode ser tratada apenas como o repasse de conhecimentos teóricos, mas é também a construção do sendo crítico e da cidadania.

Ensinar de uma maneira que possibilite a construção de novas conexões neurais é fundamental dentro do processo de aprendizagem adequado (DOUGLAS; MARKRAM; MARTIN, 2004); fazer o uso de metodologias que se apropriem de recursos multissensoriais, como por exemplo, criar situações que possibilitem novas experiências entre o conteúdo ministrado e o cotidiano do aluno, construir novas possibilidades de trabalhos em grupo que permitam a implementação do aprendizado através da discussão, metodologias que instiguem ao aluno pensar sobre o assunto e sua realidade, que desenvolva a criatividade e também a possibilidade de aprender determinado assunto observando na prática; enfim, é necessário que o aluno se sinta motivado para com o que está aprendendo (FILIPIN *et al.* 2017).

2.4 Teoria da Aprendizagem Significativa de acordo com Ausubel e suas relações com a neurociência.

2.4.1 A aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa de acordo com Ausubel no processo de ensino-aprendizagem na química.

O processo de ensino-aprendizagem mecânico segue de forma automática de acordo com as ideias da pedagogia tradicional. A aula é efetuada de forma monótona, restringindo a interação com os conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno, onde, a informação transmitida pelo professor é armazenada de forma literal e praticamente sem significância. Na aprendizagem mecânica os alunos são estimulados ao ato de memorizar por um curto período de tempo, apenas com o foco nas avaliações periódicas e assim, logo esquecem, provando que dessa forma, o conhecimento torna-se trivial. Neste tipo de aprendizagem, novos conceitos são disseminados, não levando em conta o fator cognitivo e o contexto sociocultural idiossincrático (MOREIRA, 2011).

No ensino de química, a aprendizagem mecânica torna a compreensão mais difícil, pois em vez do aluno entender a razão de estudar os conceitos, apenas memoriza uma sequência de fórmulas aplicadas de forma aleatória dentro dos exercícios propostos, portanto, torna-se sem sentido e desagradável tal estudo. Nessa forma de aprender, o esquecimento é acelerado e praticamente total, onde os assuntos dificilmente poderão ser lembrados, de onde advém um sentimento de que nunca foram estudados. O trabalho docente mecanizado torna o ensino de química distante da realidade do aluno e de seus interesses. O emprego das nomenclaturas difíceis e reações complexas, sem a introdução na prática, contribuem para a construção de informações desconexas (OLIVEIRA, *et al.* 2016; MOREIRA, 2012).

É corriqueiro o ensino dos conceitos químicos vinculando, primeiramente, a ideias da matemática, expressões e cálculos complicados de ser compreendidos, não disseminando a interpretação científica, o significado, a contextualização, caracterizando em um processo de ensino mecânico adotada pela pedagogia tradicional (GIESBRECHT, 1994). A consequência desse tipo de ensino mostra um conhecimento abstrato, aulas expositivas, atividades

irrelevantes e práticas metodológicas ineficientes, aprendizagem engessada e insignificante (HENNING, 1986).

Quanto à aprendizagem significativa, pode-se afirmar que é o resultado da relação de novas informações adquiridas com o conhecimento armazenado de cada discente, levando em conta a estrutura cognitiva individual. A teoria de Ausubel (1978) afirma que, durante a fase infantil, uma pessoa constrói diversas ideias âncoras, nesse momento, a aprendizagem mecânica em determinado assunto é primordial, pois ainda não existem subsunçores que possam relacionar os conceitos dentro da estrutura cognitiva do indivíduo, entretanto, no decorrer do tempo, os conceitos estudados posteriormente são acrescentados, agregando valores aos iniciais, e assim sendo essencial ressaltar a importância da construção de significados na formação de um futuro cidadão, consciente e ético com o meio em que vive (MOREIRA, 2011).

Os subsunçores são essenciais no processo da aprendizagem significativa, uma vez que o ensino só terá significado com a relação destes com o conhecimento novo adquirido. Para isso, é importante atentar-se na formação das ideias âncoras dentro do eixo das ciências naturais, uma vez que uma deficiência na estruturação desses conceitos implica em um grande desafio posterior no processo ensino-aprendizagem, principalmente no que se refere a significação. É considerável salientar que além de uma boa construção de ideias, é adequado usar organizadores prévios afim de evidenciar qual ponto de partida no conteúdo o docente deve tomar (MASINI, 2011; MOREIRA, 2011).

Acerca dos subsunçores pode-se afirmar que retratam o contato que o aluno já teve com determinado assunto, seja na rua, em um bate-papo entre amigos ou até mesmo em uma propaganda de televisão, até porque o processo de ensino está além da sala de aula. Por exemplo, o aluno pode não ter noção do conhecimento científico sobre funções orgânicas, dos conceitos de alceno, ácido carboxílico, mas em algum dia, certamente, escutou falar sobre a gasolina (alceno) e seus derivados, ou ouviu dizer que ômega 3 (ácido carboxílico) faz bem à saúde (BROWN, 2005; MOREIRA, 2011).

No processo da aprendizagem significativa ocorre a diferenciação progressiva, onde são abordados *a priori* as ideias gerais, e com o avanço da compreensão dos alunos esses conceitos serão transmitidos de forma mais

específica, mais complexa, atribuindo novos significados a um determinado subsunçor, formando uma hierarquia conceitual e concomitantemente, ocorre a reconciliação integrativa em que são trabalhados as variações de significados, a comparação entre os conhecimentos prévios e os atuais, relacionando-os com a abordagem prática dentro do contexto sociocultural dos discentes. O fomento dos conceitos na estrutura cognitiva individual, a busca pelas soluções de problemas práticos e a interdisciplinaridade permite a estruturação de um ser sábio em suas relações sociais (MASINI, 2011; MOREIRA, 2012).

A compreensão de um assunto durante o processo de ensino-aprendizagem depende da interpretação dos conceitos explanados pelo docente, sendo isto um produto do meio sociocultural, prevalecendo às ideias e os valores defendidos pela cultura local. Sendo assim, é papel do professor observar o meio em que se encontra ao disseminar o conhecimento, pois o estudante é o foco desse processo didático, e caso a informação esteja distante da realidade cultural do discente, isso poderá ser bloqueador, por conseguinte, o ensino tornará insignificante (MASINI, 2011; MOREIRA, 2011).

2.4.2 Relação entre a Aprendizagem Significativa e a Neurociência Cognitiva.

A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1978) aborda a importância das estruturas cognitivas e o seu desenvolvimento, relacionando a aprendizagem de novos conceitos baseados em conhecimentos prévios do aluno; Ausubel (1978) destaca que os conhecimentos prévios que o aluno possui encontra-se armazenado em suas estruturas cognitivas, sendo conhecidos como subsunçores e são utilizados como âncoras durante o aprendizado de novos conceitos (MOREIRA, 2011).

Ausubel (1978) poderia não entender ou estar ciente dos conceitos da neurociência, entretanto essa relação entre a importância das estruturas cognitivas no processo do ensino-aprendizado, faz-se entender que as conexões neurais e a neuroplasticidade foram importantes nos estudos de Ausubel (1980), onde segundo a neurociência, a relação entre os subsunçores e os novos significados dados através da diferenciação progressiva surge novas ligações no

sistema nervoso e assim, progressivamente irá ocorrer a plasticidade neural (SANTOS *et al.* 2016).

As conexões neurais, a construção e reorganização de novas sinapses, trazendo o conceito de neuroplasticidade, como já citado acima, permite que o cérebro passe por diversos momentos de adaptação e, conseqüentemente, de aprendizado, uma vez que “plasticidade neural” na neurociência é o constante aprendizado através das condições/ situações vividas pelo indivíduo (BORELLA; SACCHELLI, 2009).

A aprendizagem, portanto, é o processo em virtude do qual se associam coisas ou eventos no mundo, graças à qual adquirimos novos conhecimentos. Denominamos memória o processo pelo qual conservamos esses conhecimentos ao longo do tempo. Os processos de aprendizagem e memória modificam o cérebro e a conduta do ser vivo que os experimenta (MORA, 2004, p. 94).

Mello (2008) afirma que os conceitos captados durante a vida estão conectados entre si por uma hierarquização ou subordinação, onde são classificados em categorias, onde cada grupo é denominado “nós” e quando o indivíduo acessa determinado nó ele automaticamente lembra de outros conceitos que possuem significados interligados com o primeiro, onde todos esses “nós” estão armazenados na memória humana de forma hierárquica através do ordenamento das conexões neurais, onde a partir dos estímulos, essas conexões e esses “nós” serão fortalecidos e seus significados serão melhorados como afirma Ausubel (1978).

Além disso, pode-se afirmar que a neurociência cognitiva estuda os processos correspondentes ao aprendizado e a memória a nível molecular e celular, interpretando como o cérebro se comporta nos mais diversos contextos. Assim, colaborando no enriquecimento de mecanismos para identificar os diversos tipos de aprendizagem, as melhores formas de iniciar um novo conteúdo no contexto escolar, diagnosticar possíveis transtornos de aprendizagem, dentre outros.

Quando falamos em educação e aprendizagem, estamos falando em processos neurais, redes que se estabelecem, neurônios que se ligam e fazem novas sinapses. E o que entendemos por aprendizagem. Aprendizagem, nada mais é do que esse maravilhoso e complexo processo pelo qual o cérebro reage aos estímulos do meio ambiente, ativa essas sinapses (ligações entre os neurônios por onde passam os estímulos), tornando-as mais “intensas”. A cada estímulo novo, a cada repetição de um comportamento que queremos que seja consolidado,

temos circuitos que processam as informações, que deverão ser então consolidadas (NASCIMENTO, 2011, p.28).

Dessa forma, pode-se ainda ressaltar que a neurociência permite a reflexão das metodologias e técnicas didáticas empregadas na educação, e além disso proporciona a busca por estratégias pedagógicas que explorem as conexões realizadas nas regiões do cérebro que são ativadas no momento do aprendizado, através das sensações, emoções, estímulos e experiências proporcionando sucesso no trabalho docente, facilitando a aprendizagem dos alunos (BORTOLI; TERUYA, 2017).

É necessário compreender que o ser humano é movido pelas informações que lhe atraem através dos sentidos e que essas informações são recebidas pelos neurônios, transportadas e decodificadas até chegar ao cérebro onde sendo algo prazeroso ficará armazenado na memória a longo prazo (BORTOLI; TERUYA, 2017).

[...] as neurociências têm demonstrado que os processos cognitivos e emocionais estão profundamente entrelaçados no funcionamento do cérebro e têm tornado evidente que as emoções são importantes para que o comportamento mais adequado à sobrevivência seja selecionado em momentos importantes da vida dos indivíduos (Cosenza; Guerra, 2011, p.76).

As emoções no aprendizado significativo de uma criança é essencial, ou seja, no momento do ensino os fatores afetivos são essenciais tornando uma memorização mais propícia; assim como, situações contrárias como chegar em uma sala de aula e aplicar um teste surpresa, fortes cargas emocionais atingirão o sistema límbico da criança, desestabilizando e provocando uma série de sensações, como o aumento dos batimentos cardíacos e sudorese influenciando negativamente no resultado do teste, comprometendo o rendimento individual (BORTOLI; TERUYA, 2017).

A emoção está para o prazer assim como prazer está para o aprendizado, a autoestima é a ferramenta que movimenta os estímulos para ganhar bons resultados. O cérebro processa tão velozmente essa relação que não se pode perceber a ligação de elementos, consultando uns aos outros ao resolver uma simples questão (Maia, 2011, p. 59).

Além das emoções outra grande aliada da aprendizagem significativa explicada pela neurociência é a motivação. Um aluno sentir-se motivado através de situações que tragam expectativas positivas, um conteúdo ou até uma explicação que origine significado, curiosidade, saber o “porquê”, alguma

situação-problema, questionamentos proporciona uma maior concentração durante a aula. (BORTOLI; TERUYA, 2017).

2.4.3 Estratégias pedagógicas aliadas à Neurociência Cognitiva facilitadoras da Aprendizagem Significativa no processo do Ensino de Química.

Todo o aprendizado, antes de chegar ao cérebro e ser interpretado, passa primeiramente pelas estruturas sensoriais, onde estimuladas é transmitido em forma de impulsos elétricos pelos neurotransmissores, e, ao chegar ao cérebro, a informação é recebida, interpretada e armazenada na memória, sendo esta de curto ou longo prazo, dependendo da significação do conhecimento para o aluno ou do estímulo recebido (KANDEL *et al.*, 2003).

Sendo assim, a busca pela compreensão desses caminhos, de como são armazenadas essas informações, da importância dos estímulos adequados no processo do aprendizado, de como ocorre a neuroplasticidade, são algumas alternativas para melhorar o processo de ensino-aprendizado dos alunos. Os conceitos abordados nas pesquisas de neurociências mostram que existem possibilidades de tornar o ensino mais eficiente, e, além disso, tornar mais esclarecedor as dificuldades enfrentadas pelos discentes na compreensão de conteúdos abstratos como química (SIMONS, 2003; PLOMIN *et al.*, 2007; SCHEPS *et al.*, 2007).

Nessa mesma perspectiva, em uma pesquisa realizada por Amauri Bartoszeck e Flavio Bartoszeck (BARTOSZECK; BARTOSZECK, 2006) nos cursos de pedagogia e licenciaturas em 2009 envolvendo uma temática acerca da neurociência aplicada ao processo de ensino foi possível constatar a partir das respostas dos professores que mais de 80% concordam que a compreensão das estruturas cerebrais corroboram para a melhoria do processo de aprendizagem, 79,5% afirmam que a melhoria da compreensão dos mecanismos biológicos ligados aos fenômenos de aprendizagem e memória aperfeiçoaria o ensino e 84,2% afirmam que há relações entre as emoções e o ensino, verificando assim a importância de relacionar cada vez mais a neurociência na perspectiva da Aprendizagem Significativa.

[...] estudantes aprendem melhor quando são altamente motivados do que quando não têm motivação; stress impacta aprendizado; ansiedade bloqueia oportunidades de aprendizado; estados depressivos podem impedir aprendizado; o tom de voz de outras pessoas é rapidamente julgado no cérebro como ameaçador ou não-ameaçador; as faces das pessoas são julgadas quase que instantaneamente (i.e., intenções boas ou más); feedback é importante para o aprendizado; emoções têm papel-chave no aprendizado; movimento pode potencializar o aprendizado; humor pode potencializar as oportunidades de aprendizado; nutrição impacta o aprendizado; sono impacta consolidação de memória; estilos de aprendizado (preferências cognitivas) são devidas à estrutura única do cérebro de cada indivíduo; diferenciação nas práticas de sala de aula são justificadas pelas diferentes inteligências dos alunos (ESPINOSA, 2008, p. 78).

Dessa forma, é importante que os professores busquem novas estratégias para facilitar a Aprendizagem Significativa durante o processo de ensino – aprendizagem. É necessário que o professor promova um ambiente de estímulo a fim de facilitar a formação de novas conexões neurais, atividades que chamem a atenção do aluno, jogos, músicas, cores, desafios e novas vivências são alguns exemplos de características que as metodologias podem ter para facilitar a aprendizagem através de novas sinapses. Segundo Medeiros e Bezerra, p. 193 (2013), a prática pedagógica significativa deve partir do

[...] enriquecimento do conhecimento prévio, contextualizações do conteúdo, o uso de estímulos adequados a cada estilo de aprendizagem, atividades com reflexão anterior e posterior a sua realização, desenvolvimento de inferências, manipulação do concreto para conduzir ao abstrato (MEDEIROS; BEZERRA, 2013, p. 193).

O processo de ensino-aprendizagem na disciplina de química deve abordar estratégias didáticas, sabendo que, a criatividade e o dinamismo ao preparar um conteúdo aumentam o interesse dos alunos, principalmente quando há dificuldades na compreensão, ou seja, deve ser uma aprendizagem guiada pela curiosidade e automotivação. Na busca pela aprendizagem significativa, devem ser analisados diversos fatores antes de escolher a metodologia. “As modalidades didáticas utilizadas são inúmeras e têm como função proporcionar aulas mais interessantes, com o objetivo de facilitar a compreensão do conteúdo, estimular a curiosidade e promover a interação entre alunos” (FERREIRA, CORREIA; DUTRA, 2016). Silva *et al* (2009) dizem que existem inúmeras pesquisas e estudos que buscam identificar alternativas eficientes de ensino que possibilitem a evolução do pensamento crítico e consciente dos educandos.

Silva *et al* (2009) ainda enfatizam que os estudos destacam a importância de estabelecer o educando como agente ativo no processo de

construção do conhecimento, visto que essa construção se dará a partir da desmistificação do senso comum, acrescentando a formulação de novas ideias (conhecimento científico). Então, para que esse processo aconteça de forma eficiente é preciso que todos os envolvidos, seja o educador ou o educando, estejam motivados a construir o conhecimento. Assim, é necessário a existência de aulas que motivem e facilitem o aprendizado se tornam essenciais (FERREIRA; CORREIA; DUTRA, 2016).

A neurociência em si não oferece estratégias de ensino, entretanto a interpretação de seus conceitos possibilita que seja investigado e trabalhado em cima das teorias estratégias com maior potencial de facilitar o processo de ensino do que outras.

As estratégias citadas na tabela 1 são algumas alternativas que podem ser empregadas nas aulas de química de modo que venham tornar o processo de aprendizado mais concreto, podendo ser utilizado em diversos níveis e contextos escolares, inclusive para alunos que possuem algum tipo de deficiência, fazendo adaptações quando o professor tornar necessário.

Tabela 1: Estratégias pedagógicas relacionadas a princípios da neurociência.

Princípios da Neurociência	Possibilidades e estratégias pedagógicas
Relação entre a aprendizagem, memória e emoções	- Debates em sala de aula, permitindo a exposição de ideias e opiniões sobre o assunto.
Neuroplasticidade relacionada as experiências vividas pelo aluno.	- Aulas práticas/ experimentais; aulas em campo. - Competições.
Áreas do córtex cerebral ativadas simultaneamente durante o processo de aprendizagem.	- Momentos de reflexão (atividades situação – problema); - Estudo de caso; - Elaboração de mapas conceituais.

O cérebro atende a heranças primitivas, gravuras, imagens e símbolos.	- Trabalhar expressões corporais, artes visuais. - Filmes/ músicas.
---	--

Fonte: RUSHTON; LARKIN, 2001.

2.4.4 O uso de Mapas Conceituais no Ensino de Química e sua aplicação na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa

Os conceitos de Mapas Conceituais foram desenvolvidos na década de 1970, por Joseph D. Novak, sendo conhecido como uma técnica que busca o aprimoramento do ensino em prol do aprender significativo. É constituído de um diagrama que relaciona conceitos conectados por palavras-chave formando um conjunto de preposições com o objetivo de evoluir conceitualmente em determinado assunto, integrando as informações presentes no mapa de forma hierárquica e com determinada organização (SILVA, *et al.* 2020). Moreira (2012) descreve o Mapa Conceitual como:

um diagrama hierárquico de conceitos e relações entre conceitos; hierárquico significa que nesse diagrama, de alguma forma, se percebe que alguns conceitos são mais relevantes, mais abrangentes, mais estruturantes, do que outros; essa hierarquia não é necessariamente vertical, de cima para baixo, embora seja muito usada. No mapa conceitual as relações entre os conceitos são indicadas por linhas que os unem; sobre essas linhas colocam-se palavras que ajudam a explicitar a natureza da relação; essas palavras, que muitas vezes são verbos, são chamadas de conectores, conectivos, palavras de enlace. A ideia é que os dois conceitos mais o conectivo formem uma proposição em linguagem sintética (MOREIRA, 2012, p.10).

Dessa forma, pode-se afirmar que os Mapas Conceituais possuem fundamento na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel pois, além de considerar os conhecimentos prévios do estudante, trabalha tanto a reconciliação integrativa quanto a diferenciação progressiva; assim, o estudante possui a liberdade de estruturar seu próprio aprendizado, orientando os novos conceitos de acordo com o desenvolvimento da sua estrutura cognitiva, expressando a sua organização mental. Os Mapas Conceituais podem ser utilizados em diversas etapas do ensino, como um recurso de aprendizagem, uma atividade revisional ou até mesmo como uma ferramenta avaliativa (LIMA, *et al.* 2017).

O uso de mapas conceituais como método avaliativo, busca-se analisar a elaboração da estrutura cognitiva do aprendiz: como ele organiza, hierarquiza, integra e relaciona os conceitos explorados durante o estudo de uma unidade didática, expondo os eventuais indícios de ocorrência da assimilação significativa da informação, evidencia o grau de relação que ele estabelece mentalmente entre os conceitos pertinentes a um campo de conhecimento (LIMA, *et al.* 2017, p. 39).

Além disso, vale ressaltar que a construção de Mapas Conceituais deve ser feita de forma individual, pois cada aluno possui seu cognitivo, capacidade de percepção e forma de organização das ideias diferentes. Os estudantes podem utilizar de diversas ferramentas na construção do mapa como, cores e ícones, produzindo assim memórias mais robustas, chamando mais a atenção para determinado ponto no Mapa Conceitual (SILVA, *et al.* 2020).

A inserção de cores e de formas geométricas para diferenciar hierarquias ou grupos conceituais, bem como de tamanhos de fontes diferentes ou, ainda, aplicar negrito, pode gerar uma sensação de conforto durante a organização do conhecimento, considerando que a predição espacial dos alvos é um dos princípios de aprendizagem envolvidos na conceitualização (SILVA, *et al.* 2020, p. 257).

Entretanto, é importante que os MC's possuam seus elementos essenciais para a exposição das ideias como, as preposições lógicas, a pergunta focal e também a hierarquização das ideias, partindo do conceito mais ampla para o mais específico (SILVA, *et al.* 2020).

Dessa forma, os Mapas Conceituais têm sido usados nas aulas durante os diversos momentos de ensino em muitas disciplinas, inclusive Química mostrando grande eficiência durante o ensino-aprendizagem. Souza e Boruchovitch (2010) utilizaram os Mapas Conceituais como instrumento avaliativo na abordagem da relação de conceitos químicos com o cotidiano; Trindade e Hartwig (2012) também trouxeram a proposta da avaliação por meio dos MC's abordando o tema de ligações químicas; já Freitas et al. (2013) fizeram essa experiência de utilizar os MC's durante a avaliação de haletos orgânicos em uma turma de 3º ano.

Os autores mostraram um avanço no processo de ensino-aprendizagem, notando que os alunos progrediram quanto a explanação do conhecimento e também durante a relação desse conhecimento com os conhecimentos prévios, além disso, as pesquisas dos autores acima mostraram que os Mapas Conceituais ajudam no momento do professor avaliar a

progressão do conteúdo do aluno e em qual ponto específico aquele estudante está com deficiências ou dificuldades, observando se o aluno utilizou os conceitos importantes de uma maneira mais ampla ou mais sintética de uma forma correta ou se ele possui alguma má interpretação do conteúdo (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010; TRINDADE; HARTWIG, 2012; FREITAS *et al.*, 2013).

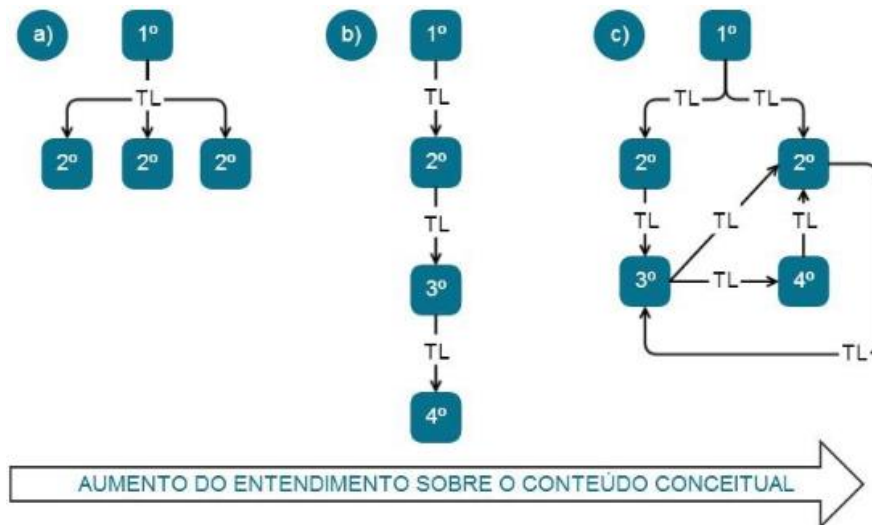
Entretanto, de acordo com Aguiar e Correia (2013) para a construção de um bom mapa conceitual é necessário o uso de alguns parâmetros: presença da pergunta focal como delimitador do mapa conceitual; clareza na abordagem das proposições; organização hierárquica na estrutura do mapa conceitual; revisão contínua do mapa conceitual.

Dessa forma, o primeiro passo para uma boa construção e compreensão de um mapa conceitual é a pergunta focal delimitando o assunto do mapa conceitual, após isso as proposições são construídas sendo formadas por conceitos unidos por termos de ligação formando uma relação conceitual, onde a falta dos termos de ligação produz apenas um mapa mental com associações dos conceitos e não uma relação, além disso também pode transmitir uma mensagem incompleta. Termos de ligação devem indicar certeza como “são formados...”, caso contrário se indicar incerteza como, “podem ser...” pode-se inferir que o aluno não teve uma compreensão necessária do conteúdo (AGUIAR; CORREIA, 2013).

Além disso, as proposições devem estar organizadas hierarquicamente através da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos abordados, onde o início da abordagem estão os conceitos mais genéricos e ao final os conceitos mais específicos. Essa progressão pode estar estabelecida graficamente de diversas maneiras, como radial, linear ou em rede (AGUIAR; CORREIA, 2013).

Onde o radial representa o processo de aprendizagem em etapa mediana, mostrando que o aluno estabelece algumas conexões; o linear revela um maior domínio do assunto pois mostra uma maior sequência de conceitos progressivamente e a estrutura em rede formada pelo aluno demonstra um estágio máximo de compreensão do conteúdo, onde é possível perceber diversas relações entre os conceitos desestruturando a linearidade (AGUIAR; CORREIA, 2013).

Figura 15: Possíveis estruturas de um mapa conceitual indicando o avanço conceitual: a)radial, b)linear e c)rede



Fonte: Aguiar; Correia (2013, p. 147)

Por fim a revisão contínua do mapa conceitual proporciona a pessoa que construiu o mapa uma reflexão sobre as relações conceituais, servindo até de ferramenta revisional, sempre reconstruindo ou acrescentando alguma preposição que pode ter faltado na primeira construção do mapa, observando assim, possíveis erros. Dessa forma, vale ressaltar que os mapas conceituais servem também como uma ferramenta metacognitiva, onde o aluno realiza e interage dentro do seu próprio processo de aprendizado, fazendo reflexões construtivas e elaborando novas estratégias (AGUIAR; CORREIA, 2013).

3 METODOLOGIA

De acordo com Moresi (2003), Barros e Lehfeld (2000) e Godoy (1995) a pesquisa tem algumas características principais e é considerada de natureza aplicada com uma abordagem qualitativa e finalidade metodológica.

Para melhor compreensão, a natureza da pesquisa é considerada aplicada, pois tem como objetivos centrais buscar soluções para a problematização de ensino investigada com finalidade de intervir e melhorar através de ações concretas em sala de aula (BARROS; LEHFELD 2000); a abordagem é qualitativa e exploratória pois o estudo busca analisar o processo de ensino-aprendizagem através das situações que podem ocorrer durante a aula de estereoquímica (GODOY, 1995); quanto à finalidade pode-se afirmar que a pesquisa possui caráter metodológico pois elaborou-se uma sequência didática com propostas de atividades para investigar os problemas de aprendizagem no conteúdo de estereoquímica (MORESI, 2003).

Além disso, a pesquisa qualitativa, abordando a investigação na educação, possui 5 características essenciais descritas por Bogdan e Biklen (1994):

- 1) “Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 47). É importante que o investigador esteja imerso no campo de estudo, acompanhando as vivências durante o processo do aprendizado, seja na escola, na comunidade ou com as famílias em busca de interpretar os questionamentos educativos. O investigador deve ter o contato direto com os sujeitos e o contexto e as circunstâncias devem ser consideradas durante sua investigação.
- 2) “A investigação qualitativa é descritiva” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 48). Os resultados da investigação será baseada em imagens, descrições, ações derivadas de questionários, entrevistas ou observações de documentos, ou seja, na pesquisa qualitativa não é encontrada dados numéricos. Dessa forma, os dados analisados possuem uma riqueza de detalhes trazendo para os resultados o levantamento de todas as perspectivas, onde todas as informações são consideradas importantes e a análise é feita minuciosamente.
- 3) “Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.49).

Cada detalhe do processo e o progresso desde o início da pesquisa até o final, são observadas as ações particularmente em cada etapa do aprendizado ou aula acompanhada.

4) “Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 50). As hipóteses são construídas na medida que são recolhidos os dados, como um quebra-cabeça; essas hipóteses não são criadas antes da análise de dados, mas esses dados dão significado para a problematização da pesquisa.

5) “O significado é de importância vital na abordagem qualitativa” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.50). O investigador considera o modo como os sujeitos interpretam as experiências, assim, o pesquisador está sempre questionando os sujeitos.

De acordo com as 5 características citadas, vale ressaltar que a pesquisa em estudo tem como temática de estudo a busca por um ensino-aprendizagem de modo significativo, assim, como proposta desenvolver o caráter crítico-reflexivo dos alunos do ensino técnico em química para solucionar os problemas que podem surgir na realidade de sua profissão futura.

Baseando nessas perspectivas, a pesquisa está fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, formulada por Ausubel (1980) e amplamente discutida por Moreira (2006). Ademais, a pesquisa trabalha também campos da neurociência para compreender como ocorre a construção do aprendizado durante o processo de ensino.

Para Alves (1991), a pesquisa qualitativa deve ser executada em três etapas: período exploratório, investigação focalizada e análise final, e elaboração do relatório (resultados e discussões).

3.1 Fases da pesquisa

3.1.1 Período Exploratório

A fase exploratória tem como objetivo delinear o campo que foi realizado a pesquisa, ressaltando apontamentos acerca das características do local e também dos sujeitos da pesquisa, assim reconhecendo os recursos

materiais e humanos envolvidos na pesquisa em prol de facilitar o levantamento da realidade e das problemáticas do estudo (GIL, 2007).

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), em um *campus* localizado no município de Maracanaú – CE, sendo pertencente à rede federal, oferecendo ensino médio técnico integrado, além de ensino superior (bacharelado e licenciatura) e mestrado (acadêmico). Esse local foi escolhido devido ao município de Maracanaú ser conhecido pela presença de um polo industrial, requerendo pessoas capacitadas para determinadas funções, como profissionais técnicos em Química.

Além disso, a turma escolhida para a realização deste trabalho foi o 2º ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Química – campus Maracanaú. Essa escolha é justificada pela presença, na matriz curricular, da disciplina de Química Orgânica (120 horas) abordada neste período do curso. Essa turma possui carga horária integral (matutino e vespertino), entretanto, a disciplina de Química Orgânica ocorre no período matutino, em 2 encontros semanais, totalizando 3 horas/semanais de aula.

Vale ressaltar que, durante a pesquisa, o mundo vivenciava a pandemia provocada pelo coronavírus (SARS-CoV-2), onde todo o período de reconhecimento e exploração, além da própria intervenção, acompanhamento e levantamentos de dados foram realizados remotamente, com auxílio de alguns aplicativos, a saber, *Google Meet*, *Google Classroom* e grupo do *Whatsapp*.

A partir desse planejamento da pesquisa, o projeto e todos os documentos necessários para a submissão desse trabalho no Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do IFCE foram encaminhados para a Plataforma Brasil e, após análise, teve o parecer de projeto consubstanciado com número 4.544.232.

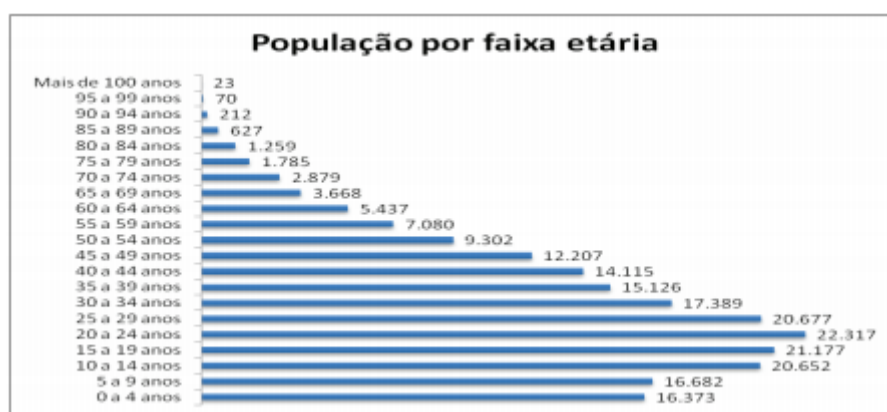
3.1.1.1 Do município de Maracanaú

O município de Maracanaú foi criado em 1983 através da Lei nº 10.811 e está localizado no Estado do Ceará. Além disso, possui extensão territorial de 105, 071 km² e faz parte da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), possuindo fronteiras com os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maranguape e Pacatuba. O nome Maracanaú significa lagoa onde as maracanãs bebem (lagoa onde foi iniciado o povoamento da região), essas maracanãs são aves típicas da região.

A população estimada é de aproximadamente 229.458 pessoas (gráfico 1) com densidade demográfica de 1960,25 hab/km², onde a maioria dos habitantes vivem na zona urbana (PLANO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO, 2013).

Quanto ao seu desenvolvimento, o município de Maracanaú possui destaque pela grande concentração de indústrias, sendo considerado um importante complexo industrial do estado do Ceará. A aglomeração de indústria em Maracanaú aconteceu devido aos grandes incentivos fiscais oferecidos pelo Governo do Estado e Federal, facilitando o empreendimento, aumentando as vagas de emprego e aquecendo a economia local (PLANO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO, 2013).

Figura 16: População do município do Maracanaú – CE por faixa etária



Fonte: IBGE – Censo Demográfico, 2010.

Entretanto, esse amplo setor industrial necessita de profissionais capacitados e qualificados de forma adequada e, por isso, uma boa parte da mão de obra é derivada de outros municípios e até mesmo de outros estados, fazendo-se atentar para a importância do investimento na Educação Profissional e Tecnológica no município, principalmente na qualificação dos alunos do IFCE – *campus* Maracanaú (PLANO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO, 2013).

3.1.1.2 Do IFCE *campus* Maracanaú

O IFCE *campus* Maracanaú foi criado com o objetivo de formar profissionais qualificados para atender as necessidades das empresas instaladas no Ceará, assim, contribuindo também para a manutenção de empregos dos cearenses. Além disso, o campus tem favorecimento quanto à

sua localização, sendo encontrado próximo ao parque industrial do município (IFCE, 2019).

No IFCE - *campus* Maracanaú há uma oferta diversificada de cursos, abrangendo diferentes áreas de conhecimento, a saber, cursos técnicos (integrados e concomitantes), superiores (tecnológicos, licenciaturas e bacharelados) e as pós-graduações (mestrados). Para uma boa qualificação dos estudantes e futuros profissionais, o *campus* oferece programas e bolsas tanto para o incentivo à futura profissão quanto de permanência nos cursos; além disso, conta com programas de pesquisas em inovação, grupos de pesquisas e laboratórios para manter os estudantes cada vez mais capacitados em uma sociedade que exige nível de conhecimento tanto profissional quanto tecnológico e inovador (IFCE, 2019).

Quanto ao Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, está sendo oferecido no *campus* Maracanaú, com a primeira turma iniciada no primeiro semestre de 2020 e tem, como proposta curricular, integrar os conhecimentos do núcleo comum do nível médio (linguagens, códigos e suas tecnologias; ciências humanas e suas tecnologias; ciências da natureza e suas tecnologias e matemática e suas tecnologias) aos conhecimentos diversificados (disciplinas com o objetivo de compreender o mercado de trabalho) e aos conhecimentos da formação profissional (disciplinas específicas da área) (IFCE, 2019).

Esse curso pretende sanar a falta de profissionais nos setores da indústria que necessita de técnicos em química, ou seja, formar profissionais que tenham a capacidade e habilidades essenciais para trabalhar em ambientes tanto laboratoriais quanto nos processos produtivos (IFCE, 2019).

O curso técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do IFCE – *campus* Maracanaú é ofertado de forma presencial e em tempo integral. Porém, devido à pandemia ocasionada pela coronavírus (SARS-CoV-2), o curso está sendo ofertado no formato remoto, através da realização de aulas síncronas e assíncronas, utilizando-se das plataformas *Google Meet* e *Google Classroom*, acontecendo nos turnos matutino e vespertino.

3.1.1.3 Da Caracterização dos sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma turma de 2º ano do Ensino Médio Técnico Integrado de Química do Instituto Federal do Ceará – campus Maracanaú, onde estão matriculados 32 alunos, sendo 25 meninas e 7 meninos, na faixa etária de 15 a 17 anos e a maioria residente no próprio município de Maracanaú.

Entretanto, após a concordância da professora, regente da disciplina de Química Orgânica, para a construção da pesquisa na turma e posterior apresentação da proposta de trabalho para os alunos, apenas 12 alunos (9 meninas e 3 meninos) aceitaram participar da pesquisa.

3.1.2 Investigação focalizada

Durante a etapa da investigação focalizada ocorreu a identificação do problema coletivo, investigação e a análise do problema. Todos esses processos foram tratados de maneira coletiva, onde o investigador e os participantes buscam soluções práticas em busca de atingir determinado objetivo. Nesse momento foi levantado a temática central da pesquisa, ou seja, o problema central e, então, foi realizada a subdivisão em grupos que, posteriormente, foi levantado discussões e investigações sobre os subtópicos.

Nessa etapa, *a priori*, foi ministrado o assunto de Química Orgânica – estereoquímica dos compostos orgânicos, constituindo um total de 6 horas/aulas (2 semanas) realizada pela professora regente da turma, entretanto, no meio do conteúdo ocorreu uma mudança de professora, onde foi necessário uma reprogramação da disciplina, além de adaptações de conceitos e metodologias.

Na semana posterior à observação foi realizada, em 2 horas/aulas, a exposição da pesquisa para os alunos, onde, *a priori*, foi solicitado as assinaturas do TCLE para validação da pesquisa. Após as assinaturas, no mesmo dia ocorreu a ministração de uma aula abordando os principais aspectos e importância diversa da estereoquímica na sociedade, mostrando onde ela pode ser encontrada em nosso cotidiano e, além disso, foi aproveitado o momento para a apresentação de diversas moléculas (estereoisômeros), presentes na natureza e que fazem parte do processos industriais, com o auxílio de modelos moleculares alternativos e também com a ajuda do *site MolView*.

Essa interação e troca de saberes favorece ainda o fortalecimento dos indivíduos como sujeitos sociais e a tomada de consciência, pois, ao interagir com os pesquisadores e com outras pessoas que vivenciam situações semelhantes, as representações desses sujeitos são reconhecidas ou transformada (TOLEDO; JACOBI, 2013, p. 161).

Essa troca de saberes permite que os educandos passem por um momento crítico-reflexivo sobre a realidade que estão inseridos, questionando sobre a temática em estudo e suas aplicações no cotidiano. A busca pelo conhecimento, a investigação, os debates, dinâmicas e trabalhos em grupo e os seminários propicia a ressignificação e a transformação das atitudes, tomadas de decisões tornando-os mais conscientes e também valoriza as habilidades dos estudantes.

Além disso, realizou-se um sorteio com 12 moléculas que possuem centro estereogênico para que os alunos participantes da pesquisa realizassem a construção de vídeos sobre os principais aspectos da estereoquímica da molécula sorteada utilizando de materiais alternativos como bolinhas de isopor, palitos de dente, goma de mascar, entre outros materiais.

As moléculas sorteadas que foram propostas aos alunos foram:

- Retinol
- Captropil
- Efedrina
- Fenilalanina
- Limoneno
- Geraniol
- Epinefrina
- Serina
- Adrenalina
- Levodopa
- Leucina
- Vitamina B5

Ao final da aula foi liberado no *Google Classroom* um questionário diagnóstico (ANEXO I) com 6 questões objetivas com temas gerais de estereoquímica, 1 questão discursiva sobre a importância de estereoquímica no

cotidiano e 1 elaboração de um Mapa Conceitual sobre o respectivo assunto. E logo após o final da pesquisa também foi liberado um questionário para compreender o posicionamento dos alunos no que concerne ao conteúdo e a pesquisa em si.

Para a resolução dos questionários e construção dos vídeos foram disponibilizados um período de 15 dias, a fim de que pudessem estudar sobre a molécula sorteada, além da aquisição de materiais e confecção das moléculas e do vídeo. Sendo necessário enfatizar que todo o período da pesquisa foi realizada de modo remoto, entretanto, o acompanhamento foi realizado tanto pelas plataformas utilizadas pela professora regente (*Google Classroom* e *Google Meet*), como também as discussões e momentos de tirar as dúvidas, acerca dos questionários, conteúdo ou confecção dos vídeos, eram realizadas pelo grupo do *WhatsApp*.

3.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A coleta de dados para a progressão da pesquisa se deu através da construção e aplicação de materiais avaliativos como também relatos feito pelos alunos durante a intervenção. Dessa forma, houve a aplicação de 1 questionário para os alunos abrangendo os principais aspectos da estereoquímica em busca de levantar as principais dificuldades e avanços dos alunos no conteúdo após a pesquisa. Também houve a elaboração de um mapa conceitual a fim de identificar as progressões nas relações de conceitos e a diferenciação destes.

Além disso, como forma de coletar dados e compreender em sentido estrito a capacidade de interpretar as estruturas tridimensionais das moléculas e por fim sua relação com a isomeria, foi solicitado a construção de vídeos durante a confecção das moléculas.

A análise dos mapas conceituais e dos vídeos foram realizadas através do método de análise de conteúdo descrita por Bardin (1995) onde afirma ser um dos tipos de análises descritivas, majoritariamente qualitativa e também criteriosa.

Essas análises foram feitas de forma a observar, identificar e explorar os conceitos abordados pelos alunos relacionando a forma dessa abordagem

com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa defendida por Ausubel (1980). Além disso as análises também foram feitas observando os indícios dos princípios da Neurociência Cognitiva defendida por vários autores (KANDEL, *et al.* 2014; CONSENZA; GUERRA, 2011; SANTOS; SOUSA, 2016) afim de avaliar a aprendizagem do aluno e suas dificuldades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de ensino-aprendizagem de estereoquímica é acompanhado por diversas dificuldades, sendo observado por diversos autores (RAUPP *et al.*, 2009; WU; SHAH, 2004; AL-BALUSHI, ALHAJRI, 2014) como um assunto complexo, onde se pode destacar as diferenças dos diversos tipos de isomeria, suas características particulares e nomenclaturas. Entretanto, uma das principais dificuldades relatada entre os alunos é a visualização tridimensional das moléculas e nisso a percepção das diferenças estruturais no plano do espaço de um isômero para outro (SILVA; SILVA, 2007).

Dessa forma, a pesquisa presente foi motivada a avançar nos questionamentos e estudos em busca por soluções para essa problematização. Assim, com o propósito de contribuir para a melhoria da aprendizagem de estereoquímica, seguiu-se com o apoio de teorias como a Aprendizagem Significativa de Ausubel (1978) e também da Neurociências Cognitiva (KANDEL, *et al.*, 2014; CONSENZA; GUERRA, 2011; SANTOS; SOUSA, 2016), visto que trabalhou-se a visualização, a percepção e captação significativa das moléculas.

Dessa forma, a intervenção realizada nesta pesquisa foi dividida em algumas etapas: observação das aulas da disciplina de Química Orgânica no conteúdo de estereoquímica (6 horas/aula); aula da intervenção utilizando a plataforma *GoogleMeet* (2 horas/aula), resolução do questionário sobre estereoquímica, gravação do vídeo sobre a molécula sorteada e, por final, a enquete com os alunos sobre aspectos gerais da intervenção e do conteúdo de estereoquímica. A seguir foram detalhadas as etapas referentes às percepções obtidas a partir dos alunos participantes da pesquisa sobre a estereoquímica dos compostos orgânicos.

4.1 Observação das aulas de estereoquímica e identificação das dificuldades dos alunos sobre a temática

As aulas sobre isomeria espacial foram iniciadas no período 2021.2, com duração de 2 semanas, dividida da seguinte forma: na primeira semana (3

horas/aula) foi observado a aula sobre introdução dos conceitos de isomeria espacial, abordando a isomeria cis-trans e, em seguida, iniciando o assunto de isomeria óptica. Na segunda semana (3 horas/aula) foi finalizado o assunto de isomeria óptica e resolução de exercícios. Todas as aulas ocorreram no período matutino, de modo remoto, via *GoogleMeet* e também com o auxílio da plataforma *GoogleClassroom*.

No início do conteúdo a professora realizou a exposição de *slides*, através do modo apresentação, e também trabalhou com a demonstração dos modelos moleculares alternativos. Logo na primeira aula foi feita a introdução sobre a isomeria espacial, sendo enfatizado pela professora os conceitos iniciais de isômeros, informando para os alunos que se trata de moléculas que possuem a mesma fórmula molecular e a mesma estrutura, diferenciando na posição dos átomos. Além disso, a professora trouxe aspectos gerais para a classificação dessas moléculas.

Ainda, na primeira aula, também foi discutido sobre a isomeria geométrica (cis – trans), comentando tanto sobre casos em moléculas abertas como em compostos cíclicos. Entretanto, considerando os aspectos que são relacionados à Teoria da Aprendizagem Significativa, não foi observado indagação sobre quais eram os conhecimentos prévios dos alunos ou o que já sabiam sobre aquele tema, ou ainda se eles conseguiam citar algum exemplo relacionado. Também, através da observação da aula, não foi demonstrado uma relação da isomeria com o cotidiano do aluno, assim, podendo se tornar mais difícil a compreensão dos alunos durante a aula e, de acordo com Moreira (2011), na aprendizagem mecânica, novos conceitos são apenas disseminados, não levando em conta o fator cognitivo e o contexto sociocultural do aluno.

Segundo Ausubel (1978), é importante que o professor saiba sobre os conhecimentos prévios dos alunos através de perguntas introdutórias, no início do conteúdo, ou uma breve discussão sobre o tema, sempre relacionando aquele assunto em seu contexto social, pois, para facilitar esse processo de aprendizagem, é interessante que o conhecimento possua significado para o aluno.

Na segunda aula foi comentado sobre a isomeria óptica, observando alguns conceitos importantes, que partiu, inicialmente, dos aspectos gerais e do conceito de luz polarizada, assim, elevando o conceito para a diferença de substâncias levogiras (L) e dextrogira (D) (substâncias opticamente ativas); além disso, também foi esclarecido o conceito de carbono quiral ou assimétrico e, por último, sobre mistura racêmica e nomenclatura R/S. Entretanto, não houve a exploração do conteúdo, como uma discussão reflexiva ou uma contextualização com um exemplo de uma molécula no nosso cotidiano que possua isomeria espacial, como é o caso dos ácidos graxos (cis-trans) ou o limoneno (isomeria óptica).

Dessa forma, durante as aulas teóricas, foi possível perceber que a metodologia utilizada foi tradicional, não havendo troca de informações ou questionamentos professor-aluno, apenas a exposição do conteúdo, com muitas nomenclaturas complexas e textos em *slides*. Não foi apresentado, durante a aula, a relação com o cotidiano dos alunos ou contextualização das moléculas utilizadas. Porém, é possível destacar que a professora fez uso de modelos moleculares e os apresentou durante a aula. Provavelmente, devido à condição imposta pelo ensino remoto, que proporciona um maior distanciamento professor-aluno, além do curto tempo de aula para se apresentar um assunto complexo, como o que está sendo discutido, esses fatores podem ter proporcionado a ausência de uma contextualização da temática.

Durante a resolução de exercícios, na terceira aula, foi possível observar a dificuldade dos alunos no conteúdo de isomeria espacial, onde a professora trouxe várias questões sobre o assunto, entretanto, poucos alunos souberam responder conceitos básicos da isomeria espacial, como, por exemplo, a quantidade de carbonos quirais na molécula.

Essas dificuldades podem estar relacionadas à falta de estímulos corretos no processo de aprendizagem. De acordo com os princípios da Neurociência Cognitiva, para um processo de aprendizado adequado é importante que o aluno receba os estímulos necessários para que seja desenvolvida a compreensão e interpretação do conteúdo nas estruturas cognitivas; quando trata-se do assunto de estereoquímica, o professor deve estimular a percepção visual de seus alunos a fim de desenvolver as habilidades

visuais e as percepções tridimensionais, sendo aptos a identificar os átomos e suas disposições espaciais (SANTOS; SOUSA, 2016).

Ausubel et al. (1980) afirmam que a aprendizagem deve ser construída de forma crítica e reflexiva, relacionando novos conceitos com o conhecimento prévio e realizando a progressão desses conceitos, gerando mudanças no modo de pensar e agregando significado, onde as informações passadas pelo professor jamais deve ser uma verdade intacta, absoluta, mas que esse conhecimento deve ser construído com debates, interrogações, com o fazer pensando. Esse conceito da Aprendizagem Significativa supera o modo de ensinar com práticas onde o professor está isolado em seu modo de pensar e o aluno apenas “aprende” e absorve tudo aquilo que o professor diz que está certo (MOREIRA, 2011).

Além disso, de acordo com a Neurociência Cognitiva, para que ocorra um processo de ensino-aprendizagem adequado, é importante a estimulação das estruturas do Sistema Nervoso a fim de construir mais redes neurais, proporcionando a plasticidade neural, modificando e ampliando as conexões neurais, melhorando a atividade mental (KANDEL, *et al.*, 2014; FONSECA, 2016).

Em contrapartida, quando o aluno passa por alguma situação de estresse ou medo durante esse processo, principalmente durante a aula, como dúvidas ou pensamentos de que aquele conteúdo é muito difícil, pode ocorrer das funções cognitivas serem bloqueadas, comprometendo o funcionamento mental. Assim, o indivíduo passa a acreditar que nunca conseguirá aprender determinados conceitos (BORTOLI; TERUYA, 2017).

Dessa forma, é necessário ressaltar a importância da construção de uma aula com clareza, sem muitos conceitos complexos no início do conteúdo, onde seja importante avaliar os subsunçores por parte dos alunos, sempre levantando as ideias âncoras sobre o assunto e aos poucos realizando o aprofundamento sempre deixando o aluno livre para tirar dúvidas e também instigando debates e reflexões sobre a temática, assim estimulando os sentidos, as percepções, as estruturas cognitivas e as habilidades de forma adequada (FONSECA, 2016).

Com isso, a partir das observações realizadas das aulas de estereoquímica de compostos orgânicos, foi possível destacar que os alunos do 2º ano do Ensino Médio do curso Técnico em Química apresentaram dificuldades em compreender a temática, a serem destacados, em especial, a identificação do carbono quiral na molécula, a verificação se a molécula apresentada é dextrógira o levógira, compreender a mistura racêmica, entre outros.

4.2 Análise da aula de intervenção sobre o assunto de Estereoquímica

O momento de intervenção com os alunos ocorreu na terceira semana. Logo após as aulas teóricas sobre isomeria espacial e a resolução de questões, a professora permitiu e cedeu um período de 2 horas/aula, onde foi realizado uma conversa com os alunos de modo remoto, síncrono, pela plataforma do *GoogleMeet*, a fim de abordar a contextualização de isomeria espacial, objetivando trazer exemplos do cotidiano em relação com o assunto abordado.

Antes do início da aula foi realizada a explicação de como iria proceder a pesquisa, mostrando a importância do estudo da temática e também a relevância da participação dos estudantes para o progresso da pesquisa. Logo após foi apresentado os documentos TALE e TCLE explicando todos os tópicos com o propósito de resguardar a identidade e a imagem dos alunos, assim como todos os seus direitos de participar ou não da pesquisa, onde aqueles que aceitaram puderam estar assinando os documentos, tanto os adolescentes quanto os seus responsáveis.

Dessa forma, a aula foi estruturada de uma forma em que fosse trabalhado com os alunos reflexões, além dos conceitos básicos, de isomeria espacial, visto que esse assunto pode ser encontrado de diversas maneiras em nosso cotidiano, como em moléculas presentes tanto na natureza, quanto na cozinha, no corpo humano ou até mesmo na indústria (OLIVEIRA, 2011; LIMA, 1997). Assim, aproveitando as aulas teóricas já realizadas, com o objetivo principal de produzir um processo de aprendizagem significativa, a aula de intervenção foi recheada de exemplificação, contextualização e indagações.

Além disso, foi pedido também dos alunos uma participação efetiva durante o momento da conversa e a espontaneidade com os conhecimentos e exemplos que já sabiam, conectando a aula com os conhecimentos prévios dos alunos tornando o aprendizado mais dinâmico, flexível e maleável, retirando a ideia de algo abstrato e monótono.

Para começar a aula de intervenção foi realizada uma breve revisão sobre o conteúdo teórico, questionando os alunos sobre os conceitos mais básicos de isomeria espacial e as principais características da isomeria geométrica e da isomeria óptica.

Então, após essa breve introdução, com o propósito de buscar trabalhar os subsunçores existentes nas estruturas cognitivas dos alunos, foi lançada a primeira indagação para os discentes: “você sabe onde podemos encontrar os compostos estereoisômeros?”. Como resposta para a primeira pergunta, 3 alunos afirmaram saber que existem compostos com isomeria espacial na natureza. Então, ao serem interrogados sobre quais exemplos eles poderiam citar, não foi obtida respostas.

A segunda indagação foi “você conhece algum composto com isomeria geométrica (cis – trans) presente no nosso cotidiano?”. Como resposta para a segunda pergunta um aluno respondeu “*eu acho que o naftaleno seria um exemplo*” (ALUNO A1). Entretanto, logo após a resposta, o próprio aluno percebeu estar confundindo os conceitos de alotropia com isomeria.

Assim, para a segunda pergunta foi esclarecido que existem diversos compostos com isomeria cis-trans em nosso cotidiano, como é o caso dos ácidos graxos, onde na natureza esses compostos são encontrados geralmente os isômeros cis, entretanto, existem diversas modificações industriais que podem apresentar a estrutura espacial desses compostos modificando a estrutura cis em trans, sendo assim conhecidos como Gorduras Trans e muito associados com problemas de saúde (MARTIN *et al.*, 2004).

A terceira e última indagação foi “você conhece algum composto com isomeria óptica presente no nosso cotidiano?”. Nessa pergunta um aluno (ALUNO A5) comentou que já tinha ouvido falar sobre a talidomida e alguns

casos de deformações em bebês que ela causou, entretanto, nenhum outro aluno conseguiu exemplificar algum composto com isomeria óptica conhecido.

Assim, foi revelado que existem diversos compostos conhecidos e que possuem, pelo menos, um carbono quiral, como é o caso dos aminoácidos presentes nos organismos vivos e que dão origem às proteínas. Outro exemplo é o limoneno, o qual está presente no limão e na laranja, com o isômero R, e na forma S está presente em algumas ervas, como a *Mentha ssp.* (MAROSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007).

Após esses exemplos, muitos alunos ficaram bem surpresos e comentando, através da plataforma da aula, que não sabiam que substâncias tão comuns e presentes no cotidiano seriam exemplos da isomeria, pois não sabiam que a substância contida no limão ou os aminoácidos, por exemplo, possuem isomeria óptica.

Destaca-se, ainda, um comentário de um aluno (ALUNO A11), o qual afirmou *“não acreditar que existia isomeria óptica nas frutas ou no corpo humano”*, assim, evidenciando o tratamento de distância dos conhecimentos químicos com a realidade do aluno. Com isso, é necessário destacar a importância de sempre trazer o conhecimento para a realidade do aluno, buscando estimular seus sentidos através de exemplos que podem ser observados no seu cotidiano, com isso também trabalhando no processo de aprendizagem as noções primárias (subsunçores) dos alunos quanto ao conteúdo valorizando as experiências vividas pelos alunos.

Vale ressaltar a importância da motivação para o aprendizado; propor situações durante a conversa que origina a expectativa dos alunos, uma curiosidade através de questionamentos possui a capacidade de produzir neurotransmissores capazes de aumentar a atenção e melhorar o processamento das informações e a memorização. (BORTOLI; TERUYA, 2017; SCORSATO; SILVA, 2014).

Como último exemplo de contextualização da isomeria espacial, utilizado na aula de intervenção, foi comentado sobre o caso da Talidomida, substância que, inicialmente, seu uso era conhecido pelo efeitos sedativos, porém começou a aparecer casos de deformação em bebês, provocados pela

molécula. Foi a partir de então que, com alguns estudos e esclarecimentos, anos depois pode-se perceber que a Talidomida possui isomeria óptica, onde o seu isômero *R* possui efeito sedativo e seu isômero *S* possui efeito teratogênico (LIMA, 1997).

Apesar de alguns alunos já conhecerem esse caso da Talidomida, outros ficaram surpresos, pois não conheciam e não sabiam que a isomeria óptica também está presente em muitos medicamentos e que existem diferenças na atividade biológica dos isômeros, onde um isômero pode causar determinado efeito e outro isômero ser totalmente diferente, podendo até causar efeitos indesejáveis (LIMA, 1997).

Em todos os casos e exemplos discutidos na aula se observou que somente mostrar a molécula em uma projeção em 2D não seria suficiente, pois, como a isomeria espacial, trata-se de um rearranjo no espaço e não de uma modificação nas ligações entre os átomos. Além dos conceitos mais complexos, a visualização e interpretação da diferença dessas moléculas ficam mais difíceis se forem demonstradas no plano.

Assim, em todo o momento da conversa com a turma, foi também utilizado o *site MolView* para a apresentação em 3D das moléculas que foram utilizadas como exemplo na Aula de Intervenção. Diversos trabalhos relatam a necessidade de utilizar *softwares* para a melhoria no processo de aprendizagem de isomeria (JORGE *et al.*, 2013). Segundo Raupp (2015) o aluno precisa primeiro ter o contato com a visualização externa através dos modelos alternativos ou uso de *softwares* para que possa ter a percepção visual e assim progredir para a visualização interna através de um avanço no processo cognitivo, interpretando a molécula mentalmente com a projeção espacial adequada.

Para terminar a aula de intervenção foi explicado os próximos passos da pesquisa, na qual, em concordância com a professora regente, foi solicitado que os alunos respondessem um questionário (ANEXO 1) sobre o assunto de isomeria espacial; além disso, também foi realizado o sorteio de moléculas, para a segunda atividade da pesquisa, a saber, Retinol, Captropil, Efedrina, Fenilalanina, Limoneno, Geraniol, Epinefrina, Serina, Adrenalina, Levodopa,

Leucina, Vitamina B5. Além disso, também foi esclarecido alguns aspectos essenciais da construção do vídeo.

4.3 Análise e discussão dos questionários

O questionário (anexo I) proposto tinha 8 questões: 6 sobre o conteúdo de isomeria espacial, com enunciados contextualizados, abordando moléculas do cotidiano dos alunos, onde algumas dessas questões foram retiradas de vestibulares dos anos anteriores; 1 questão que pedia que o aluno descrevesse a importância de estudar estereoquímica dos compostos orgânicos e se eles conheciam algum composto que possui isomeria espacial. Por último, o questionário apresentou uma questão com a proposta de elaboração de um mapa conceitual sobre a temática.

A questão 1 e 5 comentam sobre a diferença das estruturas dos isômeros Cis – Trans, onde na primeira questão é representada a estrutura do Retinal, tanto na sua forma Cis quanto na sua forma Trans, acompanhado de um texto introdutório sobre a ação dessa molécula no processo de visão. Já na quinta questão, as estruturas apresentadas são as dos ácidos maléico e fumárico. Assim, é pedido que o aluno identifique qual das estruturas é Cis e qual é a Trans. Como resposta para a primeira questão, 7 alunos conseguiram responder corretamente, afirmando que a estrutura 1 é a Cis e a estrutura 2 é a Trans e 5 responderam incorretamente. Entretanto, na quinta questão todos os alunos responderam corretamente.

Assim, é possível perceber uma discrepância de acertos nas respostas da primeira para a quinta questão, nas quais possuem o mesmo estilo de pergunta e são sobre o mesmo assunto. Ao realizar uma análise desses resultados, observa-se que a primeira questão foi a de maior complexidade para os alunos, comparando os dois exemplos, na qual a molécula do retinal (contida na questão 1) pode ter sido considerada pelo aluno com sendo mais de difícil responder pois se trata de uma molécula grande, com vários carbonos e insaturações, mesmo tendo sido destacado o local da isomeria na molécula que se desejava saber a isomeria.

Já na quinta questão, tanto a molécula do ácido maléico como ácido fumárico são isômeros geométricos simples com uma estrutura pequena, assim,

facilitando a percepção visual do aluno, sendo importante ressaltar que a taxa de erros da primeira questão não foi pela falta de compreensão do conteúdo já que houve 100% de acerto na quinta questão com o mesmo assunto.

Além disso, pode-se observar que na questão 5 os alunos souberam justificar o porquê da existência da isomeria cis - trans nas moléculas, onde afirmaram em sua totalidade que o ácido maléico é cis porque possui ligantes iguais do mesmo lado e o ácido fumárico é trans pois possui ligantes iguais em lados opostos; além disso, um aluno enfatizou que a isomeria cis – trans também devia-se a presença da ligação dupla entre carbonos, o que enfatiza o aprendizado adequado para a isomeria geométrica.

Já nas questões 2, 3, 4 e 6 foram abordados os assuntos de isomeria óptica, trabalhando conceitos como quantidade de carbonos quirais, identificação dos carbonos quirais na molécula, quantidade de enantiômeros e mistura racêmica. A questão 2 trouxe como exemplo a ser observado as estruturas dos isômeros do lactato, onde todos os alunos acertaram a questão, assim, pode-se identificar que os alunos conseguiram perceber qual o carbono quiral dessas estruturas.

A questão 3 mostra a estrutura da glicose, onde nas alternativas são abordadas diversos conceitos acerca da isomeria da glicose, como a presença de isomeria óptica, quantidade de carbonos quirais e isômeros. Como já foi discutido, os alunos compreenderam satisfatoriamente a presença de carbonos quirais e o que são esses carbonos, entretanto, na terceira questão pode-se perceber 8 questionários com respostas erradas nas alternativas que abordam a quantidade de isômeros, onde é possível detectar a dificuldade dos alunos em calcular o número de isômeros da molécula.

Na questão 4 no item a e b pode-se verificar mais uma vez que os alunos conseguiram identificar os carbonos quirais da molécula, agora na estrutura do aspartame, onde nos resultados do questionário foram obtidas 11 respostas corretas e um em branco.

A questão 6 poderia ser considerada a questão mais complexa por requerer do aluno o conhecimento e a compreensão de diversos conceitos de isomeria óptica, como o que são diastereoisômeros e misturas racêmicas e as propriedades físicas dos isômeros ópticos, entretanto, apesar da complexidade dos conceitos 8 alunos responderam corretamente o que evidencia que a maioria

dos alunos souberam analisar o que seria uma mistura racêmica e principalmente as propriedades físicas dos isômeros ópticos que são iguais.

Assim, faz-se perceber que tanto durante as aulas teóricas quanto a aula de intervenção durante a pesquisa, o aprendizado foi realizado de uma maneira adequada e bastante satisfatória, onde os alunos puderam aprender a analisar diversas estruturas visualmente e interpretar as características dessas moléculas segundo os conceitos estudados em sala de aula, pois em todas as questões foram abordadas diversos tipos de moléculas das mais variadas complexidades e foi perceptível que em todas as estruturas os alunos conseguiram associar o conhecimento e as conversas realizadas sobre o assunto.

A sétima questão buscou saber do aluno a percepção da existência da isomeria no cotidiano deles, pedindo exemplos na natureza, na indústria, nos seres vivos ou no corpo humano. Assim, os alunos comentaram sobre alguns exemplos, como:

- “Ela é uma área da química responsável pelo arranjo espacial dos átomos, analisando as formas tridimensionais”, ALUNO A2.
- “Ela está presente nos medicamentos, é o caso da Talidomida””, ALUNO A5.
- “São encontrados na farmácia, quando precisamos comprar medicamentos, que passaram por diversos testes, esses são relacionados com os compostos estereoisômeros””, ALUNO A7.
- “Eles podem ser encontrados nos alimentos como é o caso do limão e da laranja””, ALUNO A10.

Além disso, a questão também buscou compreender qual a visão dos alunos acerca da importância do estudo da estereoquímica:

- “São importantes pois os isômeros são diferentes nas suas estruturas, como no arranjo espacial””, ALUNO A1.
- “A estereoquímica é importante na indústria farmacêutica pois é necessário saber a diferença dos isômeros e seus efeitos, quais efeitos podem causar no organismo do ser humano, se a substância for quiral ela possui enantiômeros e são diferentes” , ALUNO A12.

Dessa forma, é interessante ressaltar que os alunos puderam compreender a importância do estudo da estereoquímica e alguns dos seus exemplos, onde de acordo com as respostas, os alunos comentaram sobre a importância do estudo desses compostos na indústria farmacêutica para a descoberta das diferenças dos efeitos dos isômeros ópticos, além de também compreender as estruturas tridimensionais dessas moléculas.

Além do mais pode-se verificar que o uso do site MolView e também dos modelos moleculares alternativos com bolinhas de isopor e da contextualização na primeira conversa com a turma ajudaram bastante o processo de aprendizado dos alunos, visto que conforme a Neurociência Cognitiva indica (CONSENZA; GUERRA, 2011; SANTOS; SOUSA, 2016) é necessário o uso de várias ferramentas educacionais para que as habilidades visuoespaciais e cognitivas sejam desenvolvidas, não sendo bastante apenas uma prática metodológica, mas sim toda uma sequência de estímulos, trabalhando com a visão e as estruturas sensoriais e motoras afim de estimular o neurocórtex e a memória a longo prazo para uma construção sináptica e desenvolvimento da plasticidade neural em prol de uma aprendizagem adequada.

4.3.1 Avaliação dos Mapas Conceituais elaborados pelos alunos

Os mapas conceituais (MCs) são ferramentas que podem ser utilizadas durante o processo de aprendizagem representando graficamente as informações retidas e processadas no cognitivo do aluno durante esse processo, onde através desse mecanismo esses conceitos podem ser guardados na memória de trabalho (AGUIAR; CORREIA, 2013).

Como explica a Teoria da Dupla Codificação, os conceitos absorvidos do assunto através das aulas, textos explicativos ou palavras-chave usadas pelo professor podem ser processadas e armazenadas na memória de trabalho juntamente com recursos visuais como imagens, arranjos espaciais e formas sem causar acúmulo excessivo de informações, assim, os mapas conceituais unindo tanto os estímulos verbais quanto os recursos visuais são ferramentas que podem potencializar a aprendizagem do aluno (PAIVIO, 1990; AGUIAR; CORREIA, 2013).

Os mapas conceituais, técnica desenvolvida por Joseph Novak, na década de 1970, vem sendo utilizado como um dos melhores organizadores gráficos devido ao uso de proposições unidas por termos de ligações expressando uma relação conceitual (AGUIAR; CORREIA, 2013)

Assim, utilizando também a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1978) pois busca explorar os conhecimentos prévios que o aluno possui sobre determinado assunto, assim, entendendo como novos conceitos foram integrados à estrutura cognitiva do aluno e como se deu a formação de novos significados (NOVAK, 2010). Novak trouxe acrescentou uma perspectiva humanista à teoria de Ausubel, onde os alunos através das experiências vividas torna-se protagonista no seu próprio processo de aprendizado (AGUIAR; CORREIA, 2013).

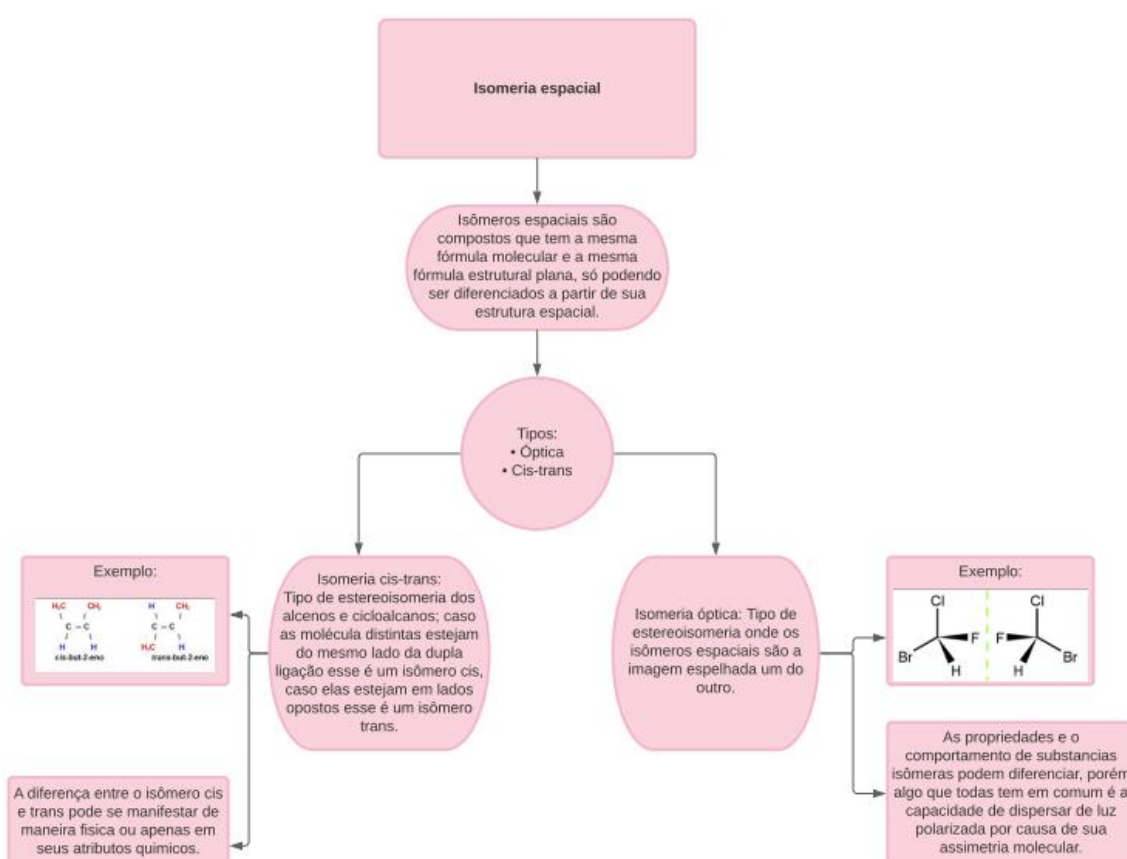
Dessa forma, os alunos participantes da pesquisa elaboraram os mapas conceituais abordando a temática da estereoquímica e os principais conceitos, onde foram analisados qualitativamente os critérios: presença dos conceitos primordiais de isomeria espacial, proposições com clareza semântica e sentido lógico, organização hierárquica.

Quanto à presença dos conceitos primordiais de isomeria espacial 8 alunos conseguiram os principais conceitos, demonstrando os tipos de isomeria espacial (geométrica e óptica), na isomeria geométrica os alunos compreenderam bem a diferença entre cis e trans e na isomeria óptica a diferença entre substância levogira e dextrogira, entretanto, apenas 1 aluno abordou o conceito de carbono quiral no mapa conceitual e nenhum deles observaram a relação do número de carbonos quirais com o número de estereoisômeros existentes.

Assim, revelando que os alunos apresentaram um bom domínio sobre o conteúdo, entretanto, sem muita complexidade sobre o assunto, inferindo que seria necessário uma intensificação com atividades de revisão contínua do mapa conceitual construído e tira-dúvidas, mostrando principalmente a relação da quantidade de carbonos quirais com o número de estereoisômeros dos compostos. Esse resultado também pode ser reforçado na questão 3 do questionário onde 8 alunos não conseguiram identificar a quantidade de enantiômeros da molécula em questão.

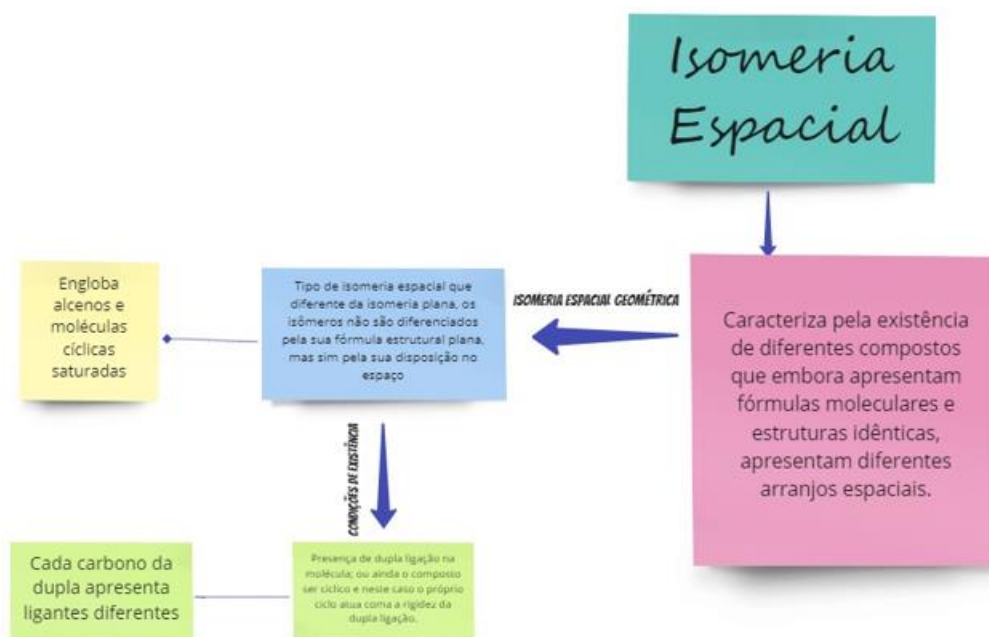
Quanto à clareza semântica das proposições todos os alunos construíram os mapas faltando clareza semântica nas proposições, onde 8 alunos construíram sem os termos de ligações, essencialmente importantes para a compreensão do mapa conceitual (Figura 16). 2 alunos colocaram alguns termos entretanto sem a presença de verbos que mostrasse certeza ou clareza e no mapa conceitual de 2 alunos houve a presença de proposições sem termos de ligação e outras com termos inapropriados e outras com termos apropriados (Figura 17).

Figura 17: Mapa conceitual construído por um aluno sem a presença de termos de ligação



Fonte: Dados da pesquisa

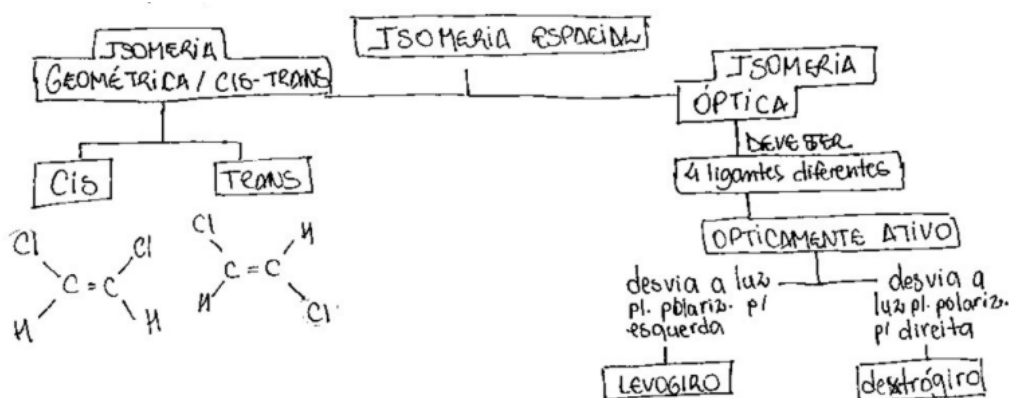
Figura 18: Fragmento de um Mapa conceitual construído por um aluno com a presença de termos de ligação inapropriados.



Fonte: Dados da pesquisa

Quanto à hierarquia conceitual 8 alunos conseguiram organizar os conceitos dentro da escala de hierarquia, colocando no topo ou no início de uma forma central o assunto do mapa conceitual, assim fazendo ramificações de acordo com as informações explanadas pelo aluno (Figura 18).

Figura 19: Mapa conceitual construído por um aluno participante da pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa

No mapa conceitual acima o aluno destaca centralmente o tema a ser abordado (isomeria espacial) indicando uma hierarquia conceitual, onde de um lado especifica a isomeria geométrica e seus tipos e do outro lado do mapa a isomeria óptica e suas características e tipos.

Contudo, em uma análise geral dos mapas conceituais construídos pode-se perceber que a maioria dos alunos conseguiu abordar os principais conceitos, entretanto, a explanação desses conceitos ocorreu de maneira simplória e breve sem a presença de muitos níveis hierárquicos e com muitas deficiências estruturais, evidenciando a falta de certeza e domínio nas informações dos mapas. Além disso, vale ressaltar a falta de reconciliação integrativa entre os conceitos em todos os mapas, demonstrando baixa capacidade dos alunos de relacionar os conceitos presentes no mapa.

Por fim é importante destacar que essas deficiências podem ter ocorrido devido ter sido o primeiro mapa conceitual dos alunos, pois todos eles afirmaram nunca ter realizado atividade parecida, e assim, apesar de ter sido demonstrado em vídeo como deve ser construído um mapa conceitual, todos apresentaram algum tipo de dificuldade durante a construção.

A falta de explanação de mais conceitos ou as deficiências estruturais dos mapas conceituais podem não estar totalmente relacionadas com muitas deficiências na compreensão do conteúdo, pois os resultados obtidos pelo questionário foram positivos demonstrando que os alunos tiveram um processo de aprendizagem satisfatório.

4.4 Confecção dos modelos moleculares alternativos e elaboração dos vídeos

O uso de modelos moleculares é uma ferramenta importante no processo de ensino-aprendizagem de química, principalmente em conteúdos que necessitam de visualização tridimensional como geometria molecular e isomeria espacial, assim, desenvolvendo habilidades de interpretação através da representação imagética (CARNEIRO, *et al.* 2011).

Os modelos moleculares proporcionam que o aluno consiga observar os átomos presentes na molécula, as ligações químicas e também a organização espacial dos átomos, além disso durante a confecção os alunos podem atentar para o tamanho dos átomos e a diferença da eletronegatividade deles. Esses modelos podem ser construídos com diversos tipos de materiais como bolinhas de isopor, massa de modelar e palitos, ou seja, materiais de fácil manipulação e custo baixo, assim, trabalhando com a criatividade e o dinamismo de cada aluno (CARNEIRO, *et al.* 2011).

Dessa forma, durante a intervenção foi realizado um sorteio de 12 moléculas entre os alunos participantes da pesquisa, onde essas moléculas foram pré-definidas por possuírem 1 ou 2 carbonos quirais e não ter uma estrutura com muita complexidade, assim, facilitando no momento da confecção. Além disso, durante a escolha das moléculas foi pensado também na contextualização e presença destas no cotidiano dos alunos, assim, são moléculas que facilmente podem ser encontradas na natureza, corpo humano ou indústria.

Após a definição os alunos foram orientados quanto ao modo de confecção e também os possíveis materiais que poderiam ser utilizados, além da gravação do vídeo da molécula após a sua confecção que deveria conter as seguintes informações:

- A contextualização da molécula (onde é possível encontra-la);
- A quantidade de carbonos quirais presentes na molécula;
- A diferença entre os isômeros e a disposição dos átomos na molécula.
- Quantidade de isômeros existentes do composto sorteado.
- A estrutura da molécula.

Após a análise dos vídeos foi perceptível que 10 dos 12 alunos conseguiram confeccionar as moléculas satisfatoriamente, onde na gravação do vídeo comentaram todos os aspectos exigidos, explorando desde a contextualização até a estrutura da molécula e sua isomeria, como a identificação dos carbonos quirais e a diferença entre os isômeros.

Figura 20: Recorte de imagem do vídeo realizado por um aluno da molécula levodopa.



Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 19 mostra a molécula da levodopa confeccionada por um aluno onde foi utilizado materiais como bolinhas de isopor, palitos e tinta. Percebe-se que houve algumas deficiências na construção da molécula, entretanto é devido ao material utilizado, pois, bolinhas de isopor dificulta o posicionamento dos ângulos das ligações corretamente. Alguns alunos utilizaram goma de mascar em substituição a bolinha de isopor deixando a estrutura mais fixa, facilitando a observação (Figura 20).

Figura 21: Molécula Captopril confeccionada por um aluno participante da pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa

Assim, é importante verificar que durante a análise dos vídeos foi possível perceber que houve uma boa compreensão do conteúdo e que a confecção das moléculas ajudou na visualização e interpretação tridimensional das moléculas, assim, trabalhando com o desenvolvimento cognitivo, estimulando a aprendizagem metacognitiva, através da percepção visual, como explica a Neurociência cognitiva (RAUPP, 2015).

De maneira geral, o termo “visualização” significa construir uma imagem visual na mente humana, e isto é mais do que uma representação gráfica de dados ou conceitos. Assim, uma visualização pode funcionar como ferramenta cognitiva, tornando-se um artifício para a construção de conhecimento ao utilizar as capacidades perceptivas e cognitivas humanas. Ao organizar dados, segundo critérios específicos, com o objetivo de visualizá-los, acaba-se por obter informações que possibilitam a construção de novos conhecimentos sobre os mesmos (JORGE *et al.*, 2013, p. 152).

Dessa forma, com a visualização externa através dos modelos moleculares houve a construção da visualização interna objetivo que seria dificilmente alcançado apenas com atividades e observações de moléculas no plano 2D, dificultando a aprendizagem de conteúdos que exigem esse desenvolvimento, como a isomeria espacial.

Além disso, de acordo com a Neurociência Cognitiva esses estímulos visuais são recebidos e interpretados pela área responsável do cérebro chamada

neocórtex onde possui o lobo parietal e o lobo occipital associados à visão, interpretação e processamentos de imagens, cores, formas, orientação espacial e reconhecimento de informações visuais (WATAGODAKUMBURA, 2015).

Assim, atividades como a construção de moléculas e também a elaboração dos vídeos são ferramentas que estimulam essas determinadas áreas do cérebro, desenvolvendo cada vez mais a percepção e a interpretação dessas imagens e suas diferenças quanto à orientação espacial.

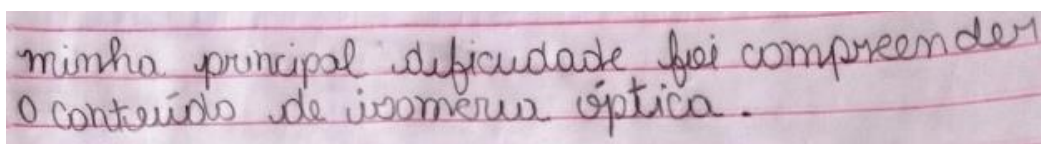
4.5 Análise da enquête

Após o período de construção das moléculas e gravação dos vídeos, logo ao final da pesquisa, foi realizada uma enquête (anexo 2) com os alunos participantes afim de saber as opiniões sobre o processo de construção da intervenção da pesquisa, sobre as atividades, conversas, propostas e metodologias utilizadas, sendo importante para o pesquisador para dimensionar sua pesquisa quanto a utilidade e importância dessa construção.

Assim, a enquête elaborada foi respondida através da plataforma Google Classroom onde constituiu-se de 5 perguntas onde foi abordada diversas temáticas, onde buscou saber desde o nível de dificuldade dos alunos em isomeria espacial durante as aulas teóricas, as opiniões sobre a utilização de recursos e metodologias como, o site MolView, a contextualização do conteúdo, a construção dos mapas conceituais e das moléculas, além da elaboração do vídeo, por fim pediu-se dos alunos a explanação de opiniões sobre os aspectos gerais da pesquisa como satisfação.

A primeira questão pediu para comentar acerca das principais dificuldades no assunto de isomeria espacial durante as aulas teóricas ministradas pela professora da disciplina, assim, todos os alunos afirmaram que a maior dificuldade foi na abordagem da isomeria óptica (figura 21), onde alguns até especificaram a dificuldade quanto a identificação de carbonos quirais.

Figura 22: Resposta do aluno A1 para a primeira questão da enquête



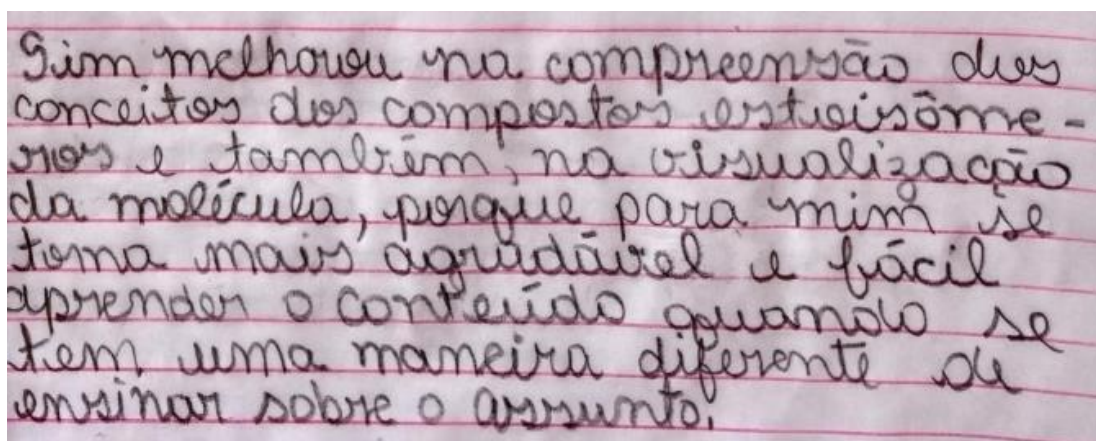
minha principal dificuldade foi compreender o conteúdo de isomeria óptica.

Fonte: Dados da pesquisa

Assim, pode-se verificar que houve um considerável avanço na compreensão do conteúdo quanto a isomeria óptica, onde foi perceptível pela análise dos questionários, mapas conceituais e vídeos que os alunos conseguiram uma progressão ao identificar os carbonos quirais das moléculas abordadas, com isso identificar a presença de isomeria espacial.

A segunda questão buscou a opinião dos alunos quanto a utilização do site MolView durante a aula de intervenção, além do uso durante as atividades, assim, 10 alunos afirmaram que esse site ajudou na compreensão do conteúdo, devido ao estímulo visual, pois facilitava a interpretação do assunto, além disso alguns alunos também comentaram que uma “maneira diferente” de abordar o assunto torna mais fácil o aprendizado (figura 22). Os outros 2 alunos afirmaram não conseguir acessar o site devido a falta de internet no momento das atividades, onde releva-se a dificuldade e os percalços do ensino remoto.

Figura 23: Resposta do aluno A1 e aluno A2 para a questão 2 da enquete.



Sim, bastante, por conta do estímulo visual que teve na aula e a explicação, passei a entender melhor.

Fonte: Dados da pesquisa

Dessa forma, compreende-se que é de relevância a utilização de recursos que explorem a percepção visual no ensino-aprendizado de isomeria espacial, pois fortalece as conexões neurais, estimulando a construção da visualização interna, onde o aluno torna-se capaz de interpretar a posição de cada átomo da molécula no seu plano espacial.

A terceira questão buscou avaliar a construção das moléculas com materiais alternativos e também a elaboração do vídeo pelos alunos, onde assim, todos os alunos comentaram a importância dessa atividade onde acharam dinâmico, diferente, ajudando a compreender melhor o conteúdo e a identificação dos carbonos quirais (figura 23).

Figura 24: Resposta do aluno A9 para a questão 3 da enquete

Sim ajudou muito, comecei a compreender melhor o conceito de carbono quiral e o Enantiômeros

Fonte: Dados da pesquisa

Aliás é necessário ressaltar que durante o momento de construção das moléculas com os materiais alternativos, o aluno está trabalhando diversos sentidos, como a percepção visual nas cores e formas, o motor na montagem dessa molécula e o tato no contato dos materiais utilizados, além de explorar a imaginação quando o aluno pensa na molécula em 3D que será formada.

Já para a questão 4 a enquete buscou compreender o que os alunos participantes acharam sobre a construção do mapa conceitual. De acordo com as respostas obtidas, todos os alunos gostaram de participar dessa atividade e comentaram sobre ser relevante devido a exposição dos principais conceitos no papel e também relataram a importância no futuro momento de revisão dos assuntos (figura 24).

Figura 25: Resposta dos alunos A7 e A8 para a questão 4 da enquete

Os mapas conceituais ajudaram, facilitaram fixar o conteúdo, e ajuda a compreender melhor por você estar escrevendo cada detalhe do seu próprio modo

R= Gostei de uma forma ótima de saber melhor o que eu aprendi e coloquei no papel é foi uma coisa ótima aprendi algo bem valioso com o mapa mental.

Fonte: Dados da pesquisa

Os mapas conceituais são conhecidos como ferramentas que melhoram o processo de ensino-aprendizado, assim, os próprios alunos participantes puderam compreender a importância desse recurso, onde comentaram sobre sua ajuda na fixação do conteúdo e também a relevância de

colocar no papel o que foi compreendido, ligando os conceitos, reforçando cada vez mais o aprendizado.

Por último foi pedido dos alunos uma visão geral da pesquisa e das atividades trabalhadas, desde o início das aulas teóricas até o final com a elaboração dos vídeos. Assim, os alunos comentaram que todas as etapas foram importantes ajudando na compreensão do conteúdo; relataram também que as diferentes formas de abordagem do assunto instigou o interesse pelo conteúdo.

**Figura 26: Respostas dos alunos A5, A10 e A12 para a questão 5 da
enquete**

R= boa pesquisa fez eu aprender de forma diferente sobre o conteúdo (no que foi trabalhado)

Achei interessante, não achei o conteúdo muito difícil, exceto estereoisômeros, mas a parte difícil facilitou bastante

Foi muito boa, me ajudou muito a entender isomeria espacial, conseguir ver o conteúdo de outra forma, e ver a molécula de um jeito mais prático.

Fonte: Dados da pesquisa

Portanto, em uma visão geral da pesquisa com os trabalhos realizados pelos 12 alunos participantes foi notório que a utilização das metodologias e recursos visuais durante o processo de ensino-aprendizagem de estereoquímica proporcionou uma melhor compreensão do conteúdo, onde foi trabalhado tanto a parte teórica como a prática da visualização interna com os estímulos visuais através dos recursos, como o uso do *MolView*.

5 CONCLUSÃO

As pesquisas voltadas em processos educacionais estão constantemente buscando entender como ocorre a aprendizagem e quais as melhores metodologias, técnicas e recursos que devem ser utilizadas durante esse processo objetivando uma boa compreensão e fixação do conteúdo afim de obter cada vez mais resultados satisfatórios.

Entre os professores de química essa busca é mais acentuada pois a disciplina de química é tratada como algo complexo, onde os alunos possuem maior dificuldade devido a presença de fórmulas, símbolos e também cálculos matemáticos. Apesar de ser uma ciência prática e disponível no cotidiano dos alunos há um deficit generalizado com notas e resultados baixos.

Por exemplo, a estereoquímica é um dos assuntos de química que os alunos possuem maior dificuldade devido a falta do desenvolvimento da visualização tridimensional das moléculas, onde apesar de existir mecanismos de visualização das moléculas no plano 2D, existe a dificuldade da interpretação quanto a diferença entre os isômeros, entre outros conceitos, devido a falta de metodologias que explorem a percepção visual, como por exemplo os softwares existentes, modelos moleculares alternativos, dentre outros.

Contudo, existem metodologias que ajudam o aluno a se aproximar da química tão presente em seu contexto, auxiliando-o na assimilação e interpretação do conteúdo, como exemplo pode-se citar a experimentação, a contextualização, construção de ideias coletivas, busca pela resolução de situações-problemas, projetos temáticos, feiras de ciências, entre outros.

Por outro lado o professor de química também deve explorar o protagonismo de seus alunos em sala de aula, onde o conhecimento deve ser construído durante o aprendizado, onde o papel do professor não seja como detentor do saber e sim como um agente motivador do aprendizado, trabalhando a autonomia dos alunos, a construção de uma reflexão crítica construtiva sobre o assunto e a abordagem atualizada, além disso, construindo um ambiente educacional adequado com estímulos dos sentidos, como recursos visuais diversificados indo além do material didático oferecido pela escola.

Em busca dessas melhorias no processo de ensino-aprendizado existem alguns teorias que buscam contribuir como é o caso da Teoria da

Aprendizagem Significativa desenvolvida por David Ausubel e também a Neurociência Cognitiva que observa os principais aspectos e mecanismos que ocorre durante o processo de aprendizado nas estruturas cerebrais do indivíduo.

Através dessas teorias os profissionais da educação podem conhecer e entender como acontece a assimilação e a fixação dos conteúdos nas estruturas cerebrais, assim, utilizando mecanismos e metodologias que auxiliem na construção das conexões neurais e fortalecimento das estruturas cognitivas.

Sabendo disso, o trabalho objetivou buscar a análise e as relações dessas duas teorias em prol da melhoria do processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de estereoquímica, através do uso de ferramentas defendidas pela Teoria da Aprendizagem Significativa como os mapas conceituais e a inserção do conteúdo no contexto e realidade do aluno e também ferramentas defendidas pela Neurociência Cognitiva como o uso do site MolView para a visualização em 3D das moléculas, a elaboração dos modelos moleculares alternativos e construção dos vídeos.

Trabalhando assim com estruturas como o Neocórtex cerebral desenvolvendo habilidades de interpretação visual, orientação espacial, lógica e raciocínio, além da estimulação da neuroplasticidade cerebral através dos debates e das atividades que envolvem o pensamento, a imaginação e o raciocínio, possibilitando a melhoria no processo pedagógico da compreensão de identificação dos principais aspectos da isomeria espacial.

Dessa forma, ficou evidente que as atividades trabalhadas na turma do 2º ano no Ensino Técnico em Química no IFCE – *campus* Maracanaú foi realizada de forma satisfatória onde pode-se perceber o desenvolvimento integral dos alunos participantes em relação ao conteúdo de estereoquímica, onde as atividades foram trabalhadas por etapas em uma progressão, visto assim que houve uma melhoria progressiva na compreensão do conteúdo desde o término das aulas teóricas.

A aula de intervenção proporcionou um debate em grupo, onde os alunos puderam expor suas ideias e opiniões acerca do assunto, assim, puderam observar que a estereoquímica está presente no cotidiano, seja na natureza, nos fármacos ou no corpo humano, por exemplo. Essa aula foi importante pois houve uma integração coletiva, construção e fortalecimento do aprendizado sobre isomeria espacial.

Após a aula, os questionários e a elaboração dos mapas conceituais evidenciaram o avanço conceitual dos alunos participantes, apesar de alguns erros estruturais nos mapas o que pode ter ocorrido devido os percalços do ensino remoto. Entretanto, através das análises foi perceptível uma boa compreensão principalmente quanto a diferença da isomeria óptica para a isomeria geométrica e também a identificação dos carbonos quirais e quantidade de isômeros ópticos.

Já na construção das moléculas com materiais de baixo custo pode-se perceber o engajamento dos alunos na atividade proposta, onde o site MolView foi necessário para ajudar a visualização tridimensional das moléculas sorteadas. Além disso, foi possível perceber a criatividade e a autonomia na construção das moléculas com diversos tipos de materiais, como goma de mascar, bolinhas de isopor, tampinhas de garrafa PET, entre outros.

A elaboração dos vídeos também foi realizada de forma satisfatória o que ocorreu com bastante dinamismo pelos alunos, utilizando de diversos recursos como legendas, músicas de fundo, entre outros, evidenciando o protagonismo no processo de aprendizado dos alunos.

Dessa forma, é necessário ressaltar a importância da contínua investigação de metodologias aliadas a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Neurociência Cognitiva, promovendo o desenvolvimento cognitivo dos alunos, principalmente no que concerne os assuntos de química, buscando assim, sanar as dificuldades dos alunos através do desenvolvimento de novas práticas pedagógicas em busca de uma aprendizagem cada vez mais significativa.

Além disso, é necessário o desenvolvimento de pesquisas voltadas à neuroeducação que busquem compreender ainda mais as áreas do cérebro responsáveis pela captação dos conceitos, dos significados e quais os estímulos necessários que o professor deve explorar para obter resultados do processo educacional satisfatórios como o desenvolvimento do indivíduo.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J. C.; LIMA, A. N. **Aspectos do Curso de Química Industrial da Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária (1920-1933)**. In: GAZZANELO, L. M. C.; CRISTINA, S.; AFONSO, J. C. (Org.). *A República no Brasil (1889-2003): Ideário e Realizações*. 1 ed. Rio de Janeiro: Papel Virtual, v. 3, p. 166-176, 2003.

AFONSO, J. C.; SANTOS, N. P. **Instituto de Química da UFRJ: 50 anos**. 1 ed. Rio de Janeiro: Oficina de Livros, 319 p., 2009.

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. **Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, 2013.

AL-BALUSHI, S.M.; AL-HAJRI, S.H. **Associating animations with concrete models to enhance students comprehension of different visual representations in organic chemistry**. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 15, p. 47-58, 2014.

ALEXANDRE, D. S.; TAVARES, J. M. R. S. **Factores da percepção visual humana na visualização de dados**, Porto, 2007.

ALVES, A. J. **O planejamento de pesquisas qualitativas em educação**. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v. 77, p. 53-61, maio, 1991.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2ª ed. New York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução para português, de Eva Nick et al., da segunda edição de *Educational psychology: a cognitive view*, 1980.

BARROS, A. J. S. e LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica**. 2. ed. São Paulo. Makron Books, 2000.

BARROSO, M. C. S.; PEREIRA, R.F.; FILHO, A.P.A.S.; SILVA, E.V.A.; SANTOS, J.P.G.; HOLANDA, F.H.O. **Base Nacional Comum Curricular e as transformações na área de ciências da natureza e tecnologias**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, e164911985, 2020.

- BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência (s): mitos, tendências e distorções.** *Ciência & Educação*, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BARTOSZECK, A. B.; BARTOSZECK, F. K. **Percepção do professor sobre neurociência aplicada à educação.** *EDUCERE - Revista da Educação*, Umuarama, v. 9, n. 1, p. 7-32, jan./jun. 2009.
- BAVELIER, D., & NEVILLE, H. J. **Cross-modal plasticity: where and how?** *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 443-452, 2002.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação.** Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- BORTOLI, B.; TERUYA, T. K. **Neurociência e educação: os percalços e possibilidades de um caminho em construção.** *Imagens da Educação*, v. 7, n. 1, p. 70-77, 19 jan. 2017.
- BRANDÃO, Marcus Lira. **As bases biológicas do comportamento: introdução à neurociência.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2004. 223p. ilus. ISBN 85-12-40630-5
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília: **MEC/SESu**, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em: 19 Abr 2020.
- BRASIL. Decreto-lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 ago. 1971, Seção 1, p. 6377.
- BRASIL. Decreto-lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 23 dez. 1996, p. 27833.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 ago. 1998.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC); Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares Nacionais**. Brasília, DF, vol. 2, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. **Decreto nº 5.154, de 23 de julho de 2004**. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 41 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional e dá outras providências. Presidência da República, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Decreto/D5154.htm>. Acesso em: 24 mai 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Conselho Nacional de Educação (CNE). **Resolução nº 2, de 22 de dezembro de 2017**. Institui e orienta a implementação da Base Nacional Comum Curricular. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2017.

BRUICE, Paula Yurkanis. **Química Orgânica**, v. 1, 4 ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2006.

BORELLA, M. P.; SACCHELLI, T. Os efeitos da prática de atividades motoras sobre a neuroplasticidade. **Revista Neurociências**, São Paulo, v. 2, n. 17 p. 161-169, 2009.

BORTOLI, B.; TERUYA, T. K. **Neurociência e Educação: os percalços e possibilidades de um caminho em construção**. Imagens da Educação, Maringá, v. 7, n. 1, p. 70-77, 2017.

CAJAS, F. **Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico**. Enseñanza de las ciencias, Barcelona, v.19. n.2. p.243-254, 2001.

CAMARGO, S. B.; VASCONCELOS, D. F. S. A. **Atividades biológicas de Linalol: conceitos atuais e possibilidades futuras deste monoterpene.** Revista de Ciências Médicas e Biológicas, v. 13, n. 3, p. 381-387, 2014.

CARDOSO, S.P.; COLINVAUX, D. **Explorando a motivação para estudar química.** Revista Química Nova, V. 23, nº 2, 2000.

CARNEIRO, . J. C.; RANGEL, . H. G.; LIMA, . M. R. **Construção de modelos moleculares para o ensino de química utilizando a fibra de buriti.** Acta Tecnológica, [S. l.], v. 6, n. 1, p. p.17–26, 2011. DOI: 10.35818/acta.v6i1.39. Disponível em: <https://periodicos.ifma.edu.br/actatecnologica/article/view/39>. Acesso em: 3 nov. 2021.

CARVALHO, F. A. H. **Neurociências e Educação: uma articulação necessária na formação docente.** Trab.Educ.Saúde, v.8 n.3,p.537-550, Rio de Janeiro, nov.2010/fev.2011.

CASTOLDI, R.; POLINARSKI, C. A. **A utilização de recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem.** I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. 2009.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.** Ijuí: Ed. Unijuí, 4ª ed, 2006.

CHEIDA, R.S. **Os imaginários sociotécnicos das origens da comunidade neurocientífica brasileira e da governança de suas agendas de pesquisa campinas.** 269 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, UNICAMP. São Paulo, 2017.

CONSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende.** Porto Alegre: Artmed, 2011.

CRESPO, L. C.; GIACOMINI, R. **As atividades lúdicas no ensino de química: uma revisão da revista química nova na escola e das reuniões anuais da sociedade brasileira de química.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 8, 2011, Campinas. Atas... Florianópolis: ABRAPEC, 2011.

DAMÁSIO, António. **O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. Tradução de Dora Vicente e Georgina Segurado. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DOUGLAS, R., MARKRAM, H.; MARTIN, K. **Neocortex**. In G. M. Shepherd (Ed.), The synaptic organization of the brain. New York: Oxford University Press, 2004.

ESPINOSA, T. N. **The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Capella University, Mineápolis, Minnesota. 2008.

FERRARINI, Stela R et al . Synthesis of limonene β -amino alcohol derivatives in support of new antileishmanial therapies. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro , v. 103, n. 8, p. 773-777, Dec. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02762008000800005&lng=en&nrm=iso>.

Acesso em 06 Dez. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762008000800005>.

FERREIRA, L.H.; CORREA, K.C.S., DUTRA, J.L. **Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da tabela periódica**. Ensino de química em foco. v. 38, nº 4, p. 349-359, novembro, 2016. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_4/10-EQF-117-14.pdf Acesso: 17 de junho de 2018.

FONSECA, Vitor. **Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica**. Revista Psicopedagogia. V. 33. N. 102, p. 365 – 84, 2016.

FILIPIN, G. E.; CASAROTTO, F.; VARGAS, L. S.; MELLO-CARPES, P. B. **Formação continuada em Neuroeducação: percepção de professores sobre a neurociência e sua importância para a educação**. Experiência: Revista Científica de Extensão, v. 3, n. 1, 2017.

FREITAS, L. P. S. R. et al. **Mapas Conceituais: Utilização No Processo de Avaliação da Aprendizagem do Conteúdo Haletos**. Experiências em Ensino de Ciências V.8, n. 3, pp. 78-96, 2013.

FRIEDMAN, M; HENIKA, P.R.; MANDRELL, R. E. **Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against**

Campylobacter jejuni, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, and Salmonella enterica. Journal of Food Protection, v. 65, p. 1545-1560, 2002.

GAZZANIGA, M.; HEATHERTON, T. **Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento.** Porto Alegre: Artmed, 2007.

GIESBRECHET, E. **O desenvolvimento do ensino de química (depoimentos).** Estudos Avançados, v. 8, n. 22, p. 115-122, 1994.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Rev. adm. empres.**, São Paulo , v. 35, n. 3, p. 20-29, jun. 1995 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901995000300004&lng=pt&nrm=iso>. acesso em: 27 nov. 2020.

GOMES, F. C. A.; TORTELLI, V. P.; DINIZ, L. **Glia: dos velhos conceitos às novas funções de hoje e as que ainda virão.** **Estud. av.**, São Paulo , v. 27, n. 77, p. 61-84, 2013 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 31 ago 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100006>.

GONÇALVES, R.P.N.; GOI, M.E.J. **Experimentação no Ensino de Química na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura.** REDEQUIM, v. 6, n.1, p. 136 – 152, 2020.

GRABOWSKI, G. **Desenvolvimento Local e Regional & Ensino Médio Integrado à Educação Profissional.** In: BRASIL/MEC - Ensino Médio Integrado à Educação Profissional: Integrar para quê? Brasília: Secretaria de Educação Básica, p.67-84, 2007.

GUERRA, L. B. **O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades.** Revista Interlocução, v. 4, n. 4, p. 3 – 12, 2011.

GUIMARÃES, T. T.; MONTEIRO-JUNIOR, R. S.; DESLANDES, A. C. **A evolução da neurociência no Brasil: uma comparação com os países da América Latina nos últimos 16 anos.** Rev. Neurocienc, v.22, n.3, p. 359 – 364, 2014.

HALASSA M.M., FELLIN T., TAKANO H., DONG J.H., HAYDON P.G. **Synaptic islands defined by the territory of a single astrocyte.** J Neurosci 2007b;27:6473–7.

HENNING, G. J. **Metodologia do Ensino de Ciências.** Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986.

IFCE. Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio. Maracanaú, CE, 2019. Disponível em: https://ifce.edu.br/maracanau/menu/cursos/tecnicos/integrados/copy_of_quimica/pdf/ppc_quimica.pdf/view. Acesso em: 01 dez 2021.

JORGE, A. M. G.; REZENDE, D. B.; WARTHA, E. J. **Visualização, semiótica e teoria da percepção.** Tríade, Sorocaba, SP, v.1, n.1, p 149-166, jun. 2013.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSELL, Thomas M.; SIEGELBAUM, Steven A.; HUDSPETH, A. J. **Princípios de Neurociências.** Porto Alegre: AMGH, 2014.

KANDEL, E.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Princípios da Neurociência.** 4ª ed. São Paulo: Manole, 2003.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais da neurociência.** São Paulo: Atheneu, 2004. LENT, Roberto. Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. SP: Atheneu Ed., 2010.

LIBÂNEO, J. C. **Organização e gestão da escola: teoria e prática.** 6 ed. Goiânia: Do autor, 2013.

LIMA, J. O. G. **Um olhar sobre a história do ensino de Química no Brasil.** In: ROMERO, Marco Antônio Ventura; MAIA, Saulo Robério Rodrigues. O ensino e a formação do professor de Química em questão. Teresina: EDUFPI, 2013, 124 p, p. 12-28.

LIMA, J. O. G. **Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química.** Revista Espaço Acadêmico, v. 12, n. 136, 95-101, 2012.

LIMA, V. L. E. **Os fármacos e a quiralidade: uma breve abordagem.** Revista Química Nova, V. 20, nº 6, 1997.

LIMA, M. F. R. **Proposta de jogo químico como estratégia didática no ensino a distância abordando o conteúdo de estereoquímica.** 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de pós-graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

LIMA, J. A.; SAMPAIO, C. G.; BARROSO, M. C.S.; VASCONCELOS, A. K. P.; SARAIVA, F. A. Avaliação da aprendizagem em Química com uso de mapas conceituais. Revista Thema, v. 14, nº 2, 2017.

LUNDY-EKMAN, L. **Neurociência: fundamentos para reabilitação.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

MACEDO, E.; LOPES, A. R. C. **A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências.** In: LOPES, A. C.; MACEDO, E. (Org.). Disciplinas e integração curricular: história e políticas. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

MACHADO, A.B.M.; HAERTEL, L. M. **Neuroanatomia funcional.** 3.ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

MAGALHÃES, J. C. A. **Importância da quiralidade e da estereoquímica na terapia antimicrobiana.** 2016. 55 f. Trabalho de Conclusão de Ciclo (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências – Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2016.

MAIA, H. **Funções cognitivas e aprendizado escolar.** In H. Maia. Neurociências e desenvolvimento cognitivo (pp. 68-94). Rio de Janeiro: Wak Editora. 2011.

MÁRCIO, J. **Os quatro pilares da educação: sobre alunos, professores, escolas e textos.** 1ª ed. São Paulo: Texto novo, 178 p., 2011.

MARCO-STIEFEL, B. **Alfabetización científica y enseñanza de las Ciencias. Estado de la cuestión.** In: MEMBIELA, P. (org.). Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía. Madrid: Nancea, 2001.

MAROSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. **Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas.** Quím. Nova, São

Paulo , v. 30, n. 2, p. 382-387, Abr. 2007 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000200027&lng=en&nrm=iso>. Acesso

em 06 Dez. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200027>.

MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E. **Ácidos graxos trans: implicações e fontes na dieta**. Rev. Nutr., Campinas, v. 17, n.3, p. 361-368, 2004.

MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem Significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. Aprendizagem Significativa em Revista Meaningful Learning Review – v. 1, n. 1, p.16-24, 2011.

MATHIAS, S. **Evolução da química no Brasil**. In: FERRI, M. G.; MOTOYAMA, S. História das ciências no Brasil. São Paulo: EDUSP, p. 93-110, 1979.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

MEDEIROS, C. E. **Uma proposta para o ensino de Química em busca da superação dos obstáculos epistemológicos**. 2014. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2014.

MEDEIROS, M.; BEZERRA, E. L. **Contribuições da Neurociências à Compreensão da Aprendizagem Significativa**. Revista Diálogos. n. 10, nov. 2013.

MENESES, F. M. G.; NUÑEZ, I. B. **Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo**. Ciência & Educação (Bauru), v. 24, n. 1, p. 175-190, 2018.

MELLO, C. B. Memória. In: MUSZKAT, M.; MELLO, C. B. **Neuropsicologia do desenvolvimento e suas interfaces**. São Paulo: All Point Editora, , p.158-172, 2008.

MIRANDA, D. G. P; COSTA, N. S. **Professor de Química: Formação, competências/ habilidades e posturas.** 2007. Disponível em: <http://www.ufpa.br/eduquim/formdoc.html>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

MORA, Francisco. **Como funciona o cérebro.** Porto Alegre: Artmed, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.

_____. **O que é a final aprendizagem significativa?** Revista Currículum, La Laguna, v. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora da UnB. 185p, 2006.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa.** Universidade Católica de Brasília. PRPG. 2003. Disponível em: <http://ftp.unisc.br/porta1/upload/com_arquivo/1370886616.pdf> Acesso em: 24 Nov. 2020.

MOTOYAMA, S. **500 anos de Ciência e Tecnologia no Brasil.** Revista Pesquisa FAPESP, Edição especial, n. 52, 2000.

MOURA, Dante Henrique. **Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectivas de integração.** Revista Holos, Ano 23, Vol. 2, Rio Grande do Norte, 2007.

NASCIMENTO, M. J. S. **O papel da Neurociência no processo de aprendizagem.** 41 f. Monografia (Pós-graduação em Neurociência Pedagógica) – Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, 2011.

NOSSA CAPA. **J. Bras. Patol. Med. Lab.,** Rio de Janeiro , v. 40, n. 2, Apr. 2004 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-24442004000200001&lng=en&nrm=iso>. access on 09 Sept. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1676-24442004000200001>.

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations.** Nova Iorque: Routledge, 2010.

OLIVEIRA, R. CACURO, T. A.; FERNANDEZ, S.; IRAZUSTA, S. P. **Aprendizagem Significativa, Educação Ambiental e Ensino de Química:**

Uma Experiência Realizada em uma Escola Pública. Revista Virtual de Química, v. 8, p. 913-925, 2016.

OLIVEIRA, J. S. B. **Estudo comparativo entre os Enantiômeros da Carvona em Modelos de Inflamação Aguda e de Hipersensibilidade Imediata.** 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PAIVIO, A. **Mental representations: a dual coding approach.** Oxford: Oxford University Press, 1990.

PANTANO, T.; ZORZI, J L. **Neurociência aplicada à aprendizagem.** São José dos Campos: Pulso, 2009.

PATOČKA, J., DVOŘÁK, A. **Biomedical aspects of chiral molecules.** Journal of Applied Biomedicine, 2, pp. 95-100, 2004.

PAZ, G. L.; PACHECO, H. F. **Dificuldades no ensino-aprendizagem de química no ensino médio em algumas escolas públicas da região sudeste de Teresina.** In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E IX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, X, 2010. Resumos... Piauí: Universidade Estadual do Piauí, 2010. Disponível em: Acesso em: jun. 2011.

PLANO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO (2012 – 2021). 1º Edição/Maracanaú: Secretaria de Educação, Prefeitura de Maracanaú, 2013.

PLOMIN, R.; KOVAS, y.; HARWORTH, C. M. A. **Generalist genes: genetic links between brain, mind, and education.** Mind, Brain and Education, v. 1, n.1, p. 11-19, 2007.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M.A. **Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 4, n. 1, p. 65-78, 2009.

RAUPP, D. T.; PROCHNOW, T. R. PINO, J. C. D. **História e contextualização no ensino de estereoquímica: Uma Proposta de Abordagem Para o Ensino Médio.** Revista Contexto & Educação. Editora Unijuí, ano 35, nº 112. 2020.

RAUPP, D. T. **Alfabetização Tridimensional, contextualizada e histórica no campo conceitual da estereoquímica.** 2015. 243 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da

Saúde, Programa de pós-graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde, Porto Alegre, 2015.

RELVAS, M. P.. **Fundamentos biológicos da educação: despertando inteligências e afetividade no processo de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Wak, 2005.

REZENDE, G. A. A. **Ensino de estereoquímica: construção e aplicação de um modelo em sala de aula**. 2016. 199 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, 2016.

RIEDER, C.R.M. **Como anda a pesquisa em neurociência no Brasil?** Revista Neurociências, v.22, n. 3, p. 327, 2014. doi: 10.4181/RNC.2014.22.03.editorial939.1p.

ROCHA, T. B. X. *et al.* **The evolution of neuroscience in Brazil – comparative study with the other Latin America countries and BRICS – Update**. Rev. Neurocienc, v.28, p. 1 – 14, 2020.

ROMERO, C.C. O Futuro da Sociedade do Trabalho e Propostas para a Educação. Boletim Técnico do SENAC, n.20, 1994.

ROTTA, N. OHLWEILLER, L. RIESGO, R. **Transtornos de Aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

RUBEGA, C.; PACHECO, D. **A formação da mão-de-obra para a indústria química: uma retrospectiva histórica**. Ciência & Educação, v.6, n.2, p. 151-166, 2000.

RUSHTON, S., LARKIN, E. **Shaping the learning environment: connecting developmentally appropriate practices to brain research**. Early Childhood Education Journal, v. 29, n.1, p. 25-33, 2001.

SANTOS, N. P. **Laboratório Químico Prático do Rio de Janeiro: Primeira Tentativa de Difusão da Química no Brasil**. Química Nova, v. 27, n. 02, p. 342-348, 2004.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; LIMA, J. P. M. **Dificuldade de motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química)**, Scientia Plena, v. 9, n. 7, p. 1 - 6, 2013.

SANTOS, C. P.; SOUSA, K. Q. **A Neuroeducação e suas contribuições às práticas pedagógicas contemporâneas.** Anais, 9, 2016. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/index.php/enfope/article/view/1877/777>. Acesso em: 21 jul 2020.

SANTOS, F. S.; FRANCISCO, A. C.; KLEIN, A. I.; FERRAZ, D. F. **Interlocução entre neurociência e aprendizagem significativa: uma proposta teórica para o ensino da genética.** R. bras. Ens. Ci. Tecnol., Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 149-182, 2016.

SCHEPS, M. H.; ROSE, L. T.; FISCHER, K. W. **visual learning and the brain: implications for dyslexia.** Mind, Brain and Education, v. 1, n. 3, p. 128-139, 2007.

SCORSATO, S., & SILVA, C. G. **Neurociência: um instrumento para desmistificar e compreender os processos de aprendizagem.** Anais do Seminário Internacional de Educação, Pinhais, PR, 2014. Recuperado em 02 janeiro de 2021, de [http://ww2.pinhais.pr.gov.br/aprefeitura/secretariaseorgaos/educacao/seminario/uploadAddress/NEUROCIENCIA-UMINSTRUMENTO_PARA_DESMISTIFICAR_E_COMPREENDER_OS_PROCESSOS_DE_APRENDIZAGEM\[6916\].pdf](http://ww2.pinhais.pr.gov.br/aprefeitura/secretariaseorgaos/educacao/seminario/uploadAddress/NEUROCIENCIA-UMINSTRUMENTO_PARA_DESMISTIFICAR_E_COMPREENDER_OS_PROCESSOS_DE_APRENDIZAGEM[6916].pdf).

SIANI, A. C.; MONTEIRO, S.S.; GARRIDO, I.S.; RAMOS, M. C. K. V.; AQUINO-NETO, F.R. **Variabilidade química e resolução ótica do linalol no óleo essencial de Aeollanthus suaveolens (Lamiaceae).** Revista Fitos, [S.l.], v. 1, n. 02, p. 58-63, out. 2013.

SILVA, A. P.; SANTOS, N. P. e AFONSO, J. C. **A criação do curso de engenharia química na Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil.** Química Nova, v.29, n.04, p. 881-888, 2006.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. S.; CORREIA, P. R. M. **Abordagem neurocognitiva de processos atencionais envolvidos na aprendizagem mediada por mapas conceituais.** R. bras. Ens. Ci. Tecnol., Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 247-268, mai./ago. 2020.

SILVA, E.E.P.; *et al.*; **O ensino de química na construção da cidadania,** 49º Congresso Brasileiro de Química, Porto Alegre, 2009.

STIPURSKY, J.; ROMÃO, L.; TORTELLI, V.; NETO, V. M.; GOMES, F. C. A. **Neuron glia signaling: implications for astrocyte differentiation and synapse formation.** *Life Sci.*, v.89, p.524-531, 2011.

SILVA; SILVA. **Dificuldades de aprendizagem no ensino da Isomeria para alunos do Ensino Médio.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 47., 2007. Anais... Natal: 2007. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-294-521.htm>. Acesso em: 19 out. 2020.

SILVA, E. G. DA; RIZZATTI, I. M. **Estudo sobre o projeto pedagógico do curso técnico em química integrado ao ensino médio do IFRO - campus calama.** REAMEC - rede amazônica de educação em ciências e matemática, v. 6, n. 1, p. 179-189, 2018. Disponível em: <https://dev.setec.ufmt.br/periodicos/index.php/reamec/article/view/6509/pdf> acesso em: 23 mai. 2020. Doi: <https://doi.org/10.26571/reamec.a2018.v6.n1.p179-189.i6509>

SIMONS, u. M. **Blocos lógicos.** Curitiba: hubertus, 2003. 185 p.

SOARES, J. M. C.; SANTOS, G. A.; **O Ensino de Química por meio de um projeto educativo intitulado: a identificação de compostos orgânicos nos medicamentys.** *Multi-Science Journal*, V.1, N. 13, p. 15-19, 2018.

SOLOMONS, G., FRYHLE, C., SNYDER, S. **Stereochemistry.** In: Solomons, G., Fryhle, C., Snyder, S. (Eds). *Organic Chemistry*. 11ª Edição. Wiley, pp. 191-238, 2014.

SOUZA, T. P.; SILVA, P. F. K. **O Ensino de Química e Atividades Lúdicas: o que pensam os estudantes?** *RELACult – Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, V.04, ed. Especial, fev., 2018.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. **Mapas conceituais e avaliação formativa: tecendo aproximações.** *Educação e Pesquisa*, n. 36, v.3, pp. 795-810, dez/2010.

STIPURSKY J., ROMÃO L., TORTELLI V., NETO V. M., GOMES F. C. A. Neuron-glia signaling: implications for astrocyte differentiation and synapse formation. *Life Sci.* 524–531, 2011.

TOLEDO, R. F.; JACOBI, P. R. **Pesquisa-ação e educação: compartilhando princípios na construção de conhecimentos e no fortalecimento comunitário para o enfrentamento de problemas.** *Educação & Sociedade*

[online]. 2013, v. 34, n. 122 [Acessado 8 Dezembro 2021] , pp. 155-173. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-73302013000100009>>. Epub 17 Maio 2013. ISSN 1678-4626. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302013000100009>.

TORRICELLI, E. **Dificuldades de aprendizagem no Ensino de Química**. (Tese de livre docência), Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação, 2007.

TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. **Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas**. Química Nova na Escola, v.34, n.2, pp. 83-91, maio/2012.

URHAHNE, D.; NICK, S.; SCHANZE, S. **The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties**. Res Sci Educ, n. 39, 495 – 513, 2009.

VENTURA, Dora Fix. **Um Retrato da Área de Neurociência e Comportamento no Brasil**. Revista Psic. Teor. e Pesq. Vol. 26, n. especial, p. 123-129, Brasília, 2010.

VIAMONTE, P. F.V.S. **Ensino profissionalizante e ensino médio: novas análises a partir da LDB 9394/96**. Revista Educação em Perspectiva, Viçosa – Minas Gerais, v. 2, n. 1, p. 28-57, jan./jun. 2011

VIZZOTTO, P. A. **A Neurociência na formação do professor de Física: Análise curricular das licenciaturas em Física da região Sul do Brasil**. Revista Insignare Scientia, vol. 2, n. 2, 2019.

WATAGODAKUMBURA, C. **Some Useful Pedagogical Practices: Educational Neuroscience Perspective**. Journal of Studies in Education. 5. 191-221. 2015.

WU, H-K.; SHAH, P. **Exploring visuospatial thinking in chemistry learning**. Science Education, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004.

YOUNIS, Y.M; BESHIR, S.M. **Carvone-Rich Essential Oils from *Mentha longifolia* (L.) Huds. ssp. *schimperi* Briq. and *Mentha spicata* L. Grown in Sudan**, Journal of Essential Oil Research, V.16, n. 6, p. 539-541, 2004.

ANEXO I

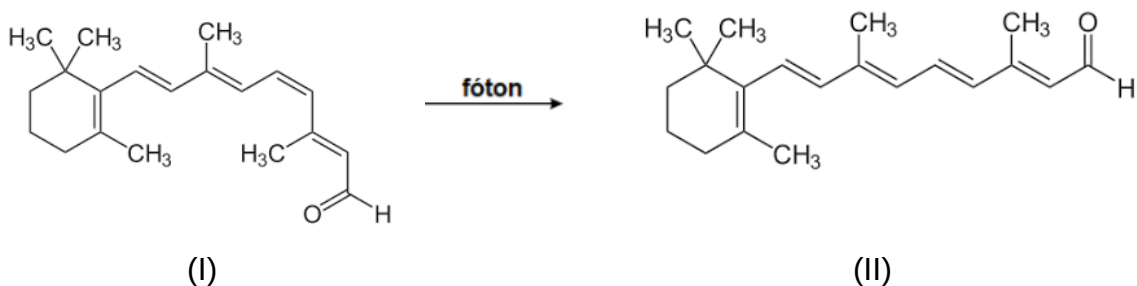


DISCIPLINA DE QUÍMICA ORGÂNICA

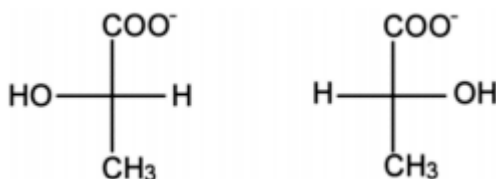
QUESTIONÁRIO 1 – ESTEREOQUÍMICA

Responda de acordo com os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas de Estereoquímica.

O Retinal, representado na figura abaixo, é responsável pela visão quando associado à enzima rodopsina. Quando aquele composto absorve os fótons, a sua molécula sofre uma mudança na conformação espacial, iniciando algumas reações químicas que desencadeiam o impulso nervoso que chegando ao cérebro é percebido como visão.



01. O Retinal possui isomeria geométrica, ou seja, pode ser encontrado tanto nas formas Cis e Trans. Identifique a Isomeria Cis e Trans para as estruturas I e II.
02. (UNITAU – SP) O lactato apresenta isômeros denominados L-(+) ou D-(–) (estruturas abaixo representadas).



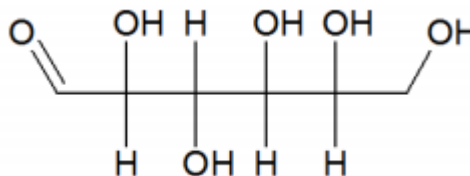
Isso é possível porque o lactato apresenta um carbono assimétrico, que confere à molécula a propriedade de desviar o plano da luz polarizada. O L-(+)-lactato

desvia a luz no sentido horário (+), e o D-(–)-lactato, no sentido anti-horário (–). Antigamente, os sinais (+) e (–) eram representados pelas letras d e l, indicando dextrorrotatório e levorrotatório, respectivamente. O metabolismo humano produz L-(+)-lactato, enquanto o das bactérias produz D-(–)-lactato. Portanto, a presença de D-(–)-lactato no sangue e em outros fluidos corporais pode indicar infecção bacteriana. A quantificação desses isômeros é utilizada em vários estudos, como, por exemplo, os da área de ginecologia. Com relação à isomeria, assinale a alternativa INCORRETA.

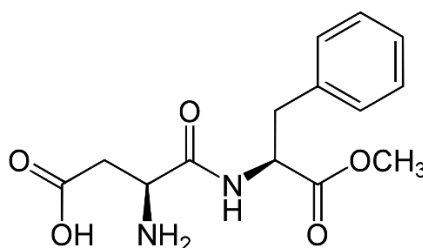
- a) Os isômeros de lactato não apresentam isomeria geométrica.
- b) Os dois isômeros de lactato são isômeros ópticos.
- c) A mistura, em partes iguais, dos dois isômeros produz uma mistura racêmica.
- d) No lactato, o carbono quiral é o carbono do grupo carboxila.
- e) O número total de isômeros ópticos é 2^n , sendo n = número de carbonos assimétricos.

03. (UFSC – Modificada) Dada a estrutura da glicose na forma de cadeia aberta, assinale V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmações abaixo.

- () A estrutura possui isomeria óptica.
- () Não é observado qualquer tipo de isomeria.
- () Possui 4 carbonos quirais e pode apresentar no máximo 16 isômeros ópticos ativos.
- () Possui 4 isômeros ópticos.



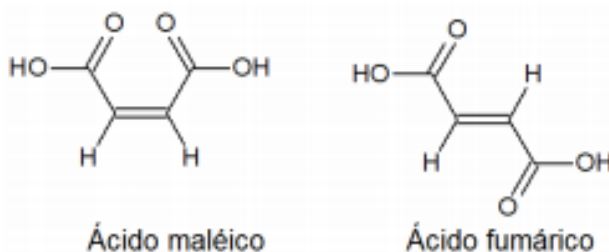
04. O Aspartame (figura abaixo) é um edulcorante artificial formado pela reação do ácido aspártico com a fenilalanina. Esse composto foi criado em 1965 e é cerca de 200 vezes mais doce do que a sacarose, sendo bastante utilizado na substituição do açúcar comum, apesar de estar associado a diversos efeitos controversos.



a) De acordo com a observação da estrutura do aspartame pode-se afirmar que esse composto possui isomeria ótica. Por quê?

b) Quantos carbonos quirais o aspartame possui? Desenhe essa estrutura em seu caderno e identifique os carbonos quirais com um (*) na estrutura. Dessa forma, quantos estereoisômeros o aspartame possui?

05. O ácido maleico e o ácido fumárico são isômeros geométricos ou diastereoisômeros cis-trans, o que resulta em propriedades físicas e químicas diferentes. Através da análise das estruturas abaixo, comente o porquê possuem a isomeria cis-trans e identifique qual estrutura é cis e qual é a trans.



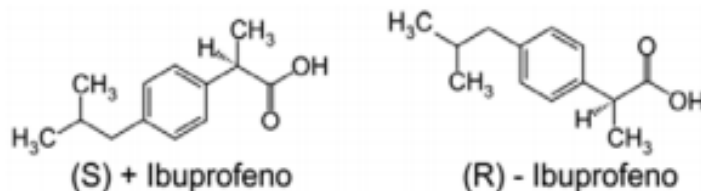
06. (UEL – 2017 – Modificada) Leia a charge a seguir.



(Disponível em: <portal.doprofessor.mec.gov.br>.
Acesso em: 15 jun. 2016.)

A charge evidencia uma situação cotidiana relacionada à compra de medicamentos, na qual ocorrem dúvidas por parte da consumidora, tendo em vista os diferentes medicamentos comercializados: os de marca, os similares e os genéricos. Essa dúvida, no entanto, não deveria existir, pois os diferentes tipos de medicamentos devem apresentar o mesmo efeito terapêutico. O que não se sabe, por parte da população em geral, é que muitos medicamentos são

vendidos na forma de dois isômeros ópticos em quantidades iguais, mas apenas um deles possui atividade terapêutica. Por exemplo, o ibuprofeno é um anti-inflamatório que é comercializado na sua forma (S)+ (ativa) e (R)- (inativa), conforme mostram as figuras a seguir.



Com base nessas informações, considere as afirmativas a seguir.

- I. O ibuprofeno é comercializado na forma de racemato.
- II. Os dois isômeros são diastereoisômeros.
- III. O ibuprofeno possui 2 carbonos quirais.
- IV. Os dois isômeros possuem pontos de fusão iguais.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

07. De acordo com o conteúdo estudado e os conceitos básicos de estereoquímica, fale com suas palavras a importância de estudar estereoquímica e onde podemos encontra-la no nosso cotidiano:

08. Elabore um Mapa Conceitual elencando as ideias principais sobre isomeria espacial, demonstrando desde os conceitos de uma forma progressiva.

ANEXO 2



DISCIPLINA DE QUÍMICA ORGÂNICA QUESTIONÁRIO 2 – ENQUETE SOBRE A PESQUISA

01. Quais foram suas principais dificuldades durante as aulas de isomeria espacial?

02. A aula na qual foi abordada a contextualização dos compostos estereoisômeros e a utilização do site Molview melhorou sua compreensão em relação ao conteúdo?

03. A construção das moléculas e produção do vídeo permitiu a melhoria na compreensão dos conceitos dos compostos estereoisômeros? Além disso, foi possível visualizar melhor a molécula? Justifique sua resposta.

04. O que você achou sobre a construção dos Mapas Conceituais? Melhorou seu processo de aprendizagem? Facilitou a interpretação do conteúdo de estereoquímica? Esse mecanismo ajuda a compreender melhor o assunto?

05. Comente, com suas palavras, o que você achou da pesquisa.