



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MILENE GRACIELE DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA COMO
RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ISOMERIA
ÓPTICA**

Londrina
2022

MILENE GRACIELE DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA COMO
RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ISOMERIA
ÓPTICA**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Estadual de Londrina - UEL, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Mestra em Química.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL.

M642u de Almeida, Milene Graciele.
UTILIZAÇÃO DE PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA COMO RECURSO DIDÁTICO
PARA O ENSINO DE ISOMERIA ÓPTICA / Milene Graciele de Almeida. -Londrina, 2022.
166 f. : il.

Orientador: Marcelo Maia Cirino.
Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Pirâmide Holográfica - Tese. 2. Isomeria óptica - Tese. 3. Teoria da Dupla Codificação - Tese. 4. Ensino de Química Orgânica - Tese. I. Maia Cirino, Marcelo . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química. III. Título.

CDU 54

MILENE GRACIELE DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA COMO
RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ISOMERIA
ÓPTICA**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Estadual de Londrina - UEL, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Mestra em Química.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Marilde Beatriz Zorzi Sá
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Prof. Dr. Hawbertt Rocha Costa
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Londrina, 03 de agosto de 2022.

AGRADECIMENTOS

Sempre ouvi dizer que quando se nasce pobre, estudar é um ato de resistência e diante de inúmeras inoportunidades, aqui estou, para de forma singela, agradecer a todos que apoiaram e me ajudaram a resistir e a coexistir, pois me sinto renascida em meio a tanto conhecimento adquirido.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Marcelo Maia Cirino, que me oportunizou fazer parte do seu grupo de pesquisa e acreditou no meu potencial. Suas orientações foram preciosas para o meu encaminhamento como pesquisadora, me permitiram a autonomia em minha pesquisa e esclareceram as dúvidas nos momentos mais difíceis quando me senti perdida e sem caminho. Obrigada por compartilhar seu conhecimento, sua experiência, ser paciente e por acreditar na minha capacidade.

A todos os professores do Programa do Mestrado em Química e do PECEM da Universidade Estadual de Londrina, pois contribuíram para que o meu conhecimento se expandisse e hoje a minha visão de mundo é diferente, muitas barreiras foram quebradas e muito conhecimento foi alcançado.

Aos professores Henry Brandão e Rodrigo Ruschel Nunes, da UTFPR, por me incentivarem e me fornecerem suporte desde a graduação na Licenciatura em Química. Graças a eles, hoje sei que segui o caminho certo.

À minha mãe por sempre ter acreditado em mim e por ser a pessoa que mais me apoiou e encorajou (do jeito dela, é claro). Ao Carlos Aparecido Fernandes Junior, por ter aguentado meus surtos intelectuais e me ofertado espaço para os estudos. Aos amigos (as) que se dispuseram a ouvir minhas “palestrinhas” e resenhas com paciência.

À prefeitura Municipal de Vera Cruz do Oeste pelo apoio e a confiança em mim creditada, assim, como ao Colégio Estadual Marques de Paranaguá e sua equipe de funcionários e alunos, pela recepção e colaboração.

Acima de tudo, agradeço a Deus que me amparou nos momentos de incerteza e me guiou espiritualmente.

ALMEIDA, Milene Graciele de. **Utilização de pirâmide holográfica como recurso didático para o ensino de isomeria óptica**. 2022. 162 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

RESUMO

Nesta pesquisa procuramos desenvolver uma proposta de aprendizado coerente com os avanços tecnológicos dos dias atuais para o conteúdo de *isomeria óptica* no Ensino Médio, partindo de uma sequência didática com abordagem CTS e utilizando o recurso didático tecnológico da “*pirâmide holográfica*”, como possível recurso didático facilitador para o ensino. Assim, entre os objetivos, destacamos o desenvolvimento dos conceitos sobre isomeria óptica, utilizando a cloroquina e a hidroxicloroquina numa proposta CTS para alunos do Ensino Médio de um colégio da rede pública do interior do Paraná com o intuito de investigar a contribuição do recurso didático e demonstrar a contribuição das imagens 3D para o ensino deste conteúdo. Para isso, partimos de uma pesquisa bibliográfica onde destacamos o papel das Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (NTDIC), das novas teorias da aprendizagem existentes e suas aplicabilidades a partir de aparatos tecnológicos e a utilização de imagens no ensino da Química, baseada na Teoria da Dupla Codificação de Allan Paivio (1971). Assim, utilizamos a Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2011) e a Taxonomia Digital de Bloom, adaptada em suas descrições para nos orientar no percurso metodológico e na categorização, que foi elaborada a partir de questionário no contexto de uma pesquisa qualitativa. Para a coleta de dados, elaboramos uma sequência didática utilizando e um vídeo animado com as estruturas dos isômeros ópticos, incluindo a cloroquina e a hidroxicloroquina, para acompanhar a abordagem dos conceitos. A partir das respostas atribuídas ao questionário e alocadas nas devidas categorias estabelecidas *a priori*, observamos que a abordagem CTS, partindo de um tema do cotidiano, possibilitado a partir do uso de imagens se constitui em um recurso potencial para o ensino da isomeria óptica. Observamos ainda, sob o olhar da Teoria da Dupla Codificação que o recurso didático da *pirâmide holográfica* se destacou ao possibilitar uma abordagem com imagens. Concluímos assim, que embora a tecnologia seja um recurso muito interessante e cheio de possibilidades, ainda é escassa no ambiente escolar. Destacamos ainda, a potencialidade das imagens 3D no ensino da *isomeria óptica*, promovida a partir da pirâmide holográfica e verificamos a necessidade de um ensino voltado para a “leitura” de imagens, articulado ao desenvolvimento do pensamento crítico e criativo do aluno. Sugerimos ainda, a utilização do recurso didático *pirâmide holográfica* para um futuro trabalho interdisciplinar, de acordo com as indicações da nova BNCC (2018).

Palavras-chave: pirâmide holográfica; isomeria óptica; teoria da dupla codificação; ensino de química orgânica.

ALMEIDA, Milene Graciele de. **Use of holographic pyramid as a didactic resource for teaching optical isomerism.** 2022. 162 p. Dissertation (Master's degree in Chemistry) – State University of Londrina, Londrina, 2022.

ABSTRACT

In this research we seek to develop a learning proposal consistent with the technological advances of today for the content of optical isomerism in High School, starting from a didactic sequence with a STS approach and using the technological didactic resource of the "holographic pyramid" as a possible teaching resource facilitator for teaching. Thus, among the objectives, we highlight the development of concepts about optical isomerism, using chloroquine and hydroxychloroquine in a STS proposal for high school students of a public high school in the interior of Paraná in order to investigate the contribution of the didactic resource and demonstrate the contribution of 3D images for teaching this content. For this, we started from a bibliographic research where we highlighted the role of New Digital Information and Communication Technologies (NDICT), the existing new learning theories and their applicability from technological devices and the use of images in teaching of Chemistry, based on the Dual Coding Theory of Allan Paivio (1971). Thus, we used the Textual Discourse Analysis of Moraes and Galiazzi (2011) and Bloom's Digital Taxonomy, adapted in its descriptions to guide us in the methodological path and categorization, which was developed from questionnaire in the context of a qualitative research. For data collection, we designed a didactic sequence using and animated video with the structures of the optical isomers, including chloroquine and hydroxychloroquine, to accompany the approach to the concepts. From the answers given to the questionnaire and allocated in the appropriate categories established a priori, we observed that the CTS approach, starting from an everyday theme, made possible through the use of images, constitutes a potential resource for the teaching of optical isomerism. We also observed, according to the Dual Coding Theory, that the teaching resource of the holographic pyramid stood out by enabling an approach with images. We conclude that, although technology is a very interesting resource and full of possibilities, it is still scarce in the school environment. We also highlight the potential of 3D images in teaching optical isomerism, promoted by the holographic pyramid, and verify the need for a teaching focused on the "reading" of images, linked to the development of critical and creative thinking of the student. We also suggest the use of the teaching resource holographic pyramid for a future interdisciplinary work, according to the indications of the new BNCC (2018).

Key words: holographic pyramid; optical isomerism; dual coding theory; organic chemistry teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo geral da Teoria da Dupla Codificação	48
Figura 2 - Ciclo da Análise Textual Discursiva	62
Figura 3 - Estrutura do processo cognitivo na Taxonomia de Bloom Revisada	65
Figura 4 - Taxonomia de Bloom para a era digital.....	67
Figura 5 - Porcentagem de aprendizagem alcançada de acordo com os níveis contemplados na Taxonomia Digital de Bloom	68
Figura 6 - Pirâmide holográfica montada para representação de imagens	71
Figura 7 - Enantiômeros editados a partir do vídeo Optical Isomerism, disponível em https://youtube/RBtgAz70_JY	76
Figura 8 - Cloroquina e hidroxicloroquina, compostos desenvolvidos no software Avogadro	77
Figura 9 - Imagem de representação do carbono assimétrico	77
Figura 10 - Base para elaboração de vídeos 3D, elaborada no programa Paint 3D	78
Figura 11 - Disposição de tópicos, exemplos no quadro branco e estruturas montadas com os modelos bola-bastão.....	87
Figura 12 - Modelos bola-bastão para explicação do carbono quiral	88
Figura 13 - Disposição de alguns alunos durante a aula expositiva.....	88
Figura 14 - Explicação da isomeria óptica utilizando exemplo do reflexo da mão no espelho.....	89
Figura 15 - Exemplificação da localização do carbono quiral com a estrutura da cloroquina.....	89
Figura 16 - Alunos em volta da pirâmide holográfica acompanhando a explicação	90
Figura 17 - Alunos na sala de aula respondendo ao questionário de pesquisa.....	91
Figura 18 - Representação do carbono quiral	115
Figura 19 - Indicação do carbono quiral pelo aluno A1V	121
Figura 20 - Indicação do carbono quiral pelo aluno A9V	122
Figura 21 - Indicação do carbono quiral do aluno A9V, na estrutura da talidomida e do ibuprofeno	122

Figura 22 - Apontamento errôneo de carbono quiral na estrutura do própolis	123
Figura 23 - Representação dos conceitos realizadas pelo aluno A15N124
Figura 24 - Representação do carbono assimétrico e indicação da não quiralidade do própolis pelo aluno A15N124
Figura 25 - Representação dos alunos A4N, A6N e A8N em resposta a questão 7125
Figura 26 - Associação do aluno A7N a palavra isomeria óptica127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modalidades de Teorização na Teoria da Dupla Codificação.	47
Quadro 2 - Modelo de classificação e preenchimento em uma tabela da Taxonomia de Bloom Revisada.	66
Quadro 3 - Categorização a priori, em consonância com a Taxonomia Digital de Bloom.	83
Quadro 4 - Categorias emergentes a partir da análise da questão 1.	155
Quadro 5 - Categorias emergentes a partir da análise da questão 2.	156
Quadro 6 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 3.	157
Quadro 7 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 4.	158
Quadro 8 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 6.	159
Quadro 9 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 8.	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAI	Computer Aided Instruction
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CELEM	Centro de Línguas Estrangeiras Modernas
CNPQ	Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento
CTGV	Cognition & Technology Group at Vanderb Ilt
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
MEC	Ministério da Educação e do Desporto
NIED	Núcleo de Informática Aplicada a Educação
NTDIC	Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
PEMEM	Programa de Expansão e Melhoria no Ensino
PROINFO	Programa Nacional de Informática na Educação
SEED	Secretaria de Educação a Distância
SQD	Sequência Didática
TDC	Teoria da Dupla Codificação
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos	18
2	TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) APLICADA AO ENSINO	19
2.1	BREVE HISTÓRICO DO USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NO ENSINO BRASILEIRO	19
2.2	ENSINANDO POR MEIO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	22
2.3	TECNOLOGIA DIGITAL DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA.....	24
2.4	NOVOS MÉTODOS TECNOLÓGICOS DE ENSINO E BARREIRAS ENCONTRADAS	26
3	TEORIAS DA APRENDIZAGEM E AS NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	30
3.1	BEHAVIORISMO E/OU COMPORTAMENTALISMO	31
3.2	COGNITIVISMO	32
3.3	HUMANISMO	34
3.4	CONSTRUCIONISMO.....	35
3.5	CONECTIVISMO	36
3.6	TEORIA DA AÇÃO MEDIADA	37
3.7	TEORIA DA CARGA COGNITIVA.....	38
3.8	APRENDIZAGEM E APLICABILIDADE DE RECURSOS TECNOLÓGICOS	39
4	AS IMAGENS NO ENSINO DA QUÍMICA	43
4.1	TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO	44
4.2	IMAGENS E A TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA	46
4.3	TECNOLOGIAS DIGITAIS, IMAGENS E ANIMAÇÕES	50

4.4	ISOMERIA ÓPTICA E O ENSINO	52
5	REFERENCIAIS METODOLÓGICOS	57
5.1	ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA	57
5.2	TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA	63
5.2.1	A Taxonomia Digital de Bloom	66
6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	69
6.1	PESQUISA QUALITATIVA	69
6.2	PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA E IMAGENS 3D	70
6.3	DELINEAMENTO DO ESTUDO	72
6.3.1	Participantes da Pesquisa	73
6.3.2	Sequência Didática	73
6.3.3	Questionário de Avaliação	79
6.3.4	Categorização do Questionário <i>a priori</i> com Adaptação da Taxonomia Digital de Bloom	81
6.3.5	Aplicação da Sequência Didática e Coleta dos Dados	86
7	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	92
7.1	IMPRESSÕES SOBRE ABORDAGEM CTS	94
7.2	POTENCIAL DO RECURSO DIDÁTICO NA CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS	99
7.3	OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DE IMAGENS HOLOGRÁFICAS PARA O ENSINO DA ISOMERIA ÓPTICA E VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	103
7.4	ANÁLISE DE CORRELAÇÕES COM OS CONCEITOS DA ISOMERIA ÓPTICA	108
7.5	A CONTRIBUIÇÃO DAS IMAGENS PARA O ENSINO EM GERAL E O ENSINO DA QUÍMICA E DA ISOMERIA ÓPTICA	112
7.6	APROPRIAÇÃO DOS CONCEITOS E CAPACIDADE DE CRIAÇÃO	120
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
	REFERÊNCIAS	137
	APÊNDICES	146

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	147
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	152
APÊNDICE C – QUADRO DE PRÉ ANÁLISE DAS CATEGORIAS EMERGENTES.....	155

1 INTRODUÇÃO

Com os avanços e a diversidade de recursos tecnológicos em todas as dimensões da sociedade, os modelos pedagógicos de ensino buscam se atualizar com o objetivo de proporcionar um aprendizado coerente com a geração Z (1996-2010)¹ e Alpha (2010-atual)². No ensino de Química, o uso da tecnologia se destaca como uma contribuição importante, quando bem direcionado. Ou seja, é preciso saber aonde se quer chegar e assim investigar e intervir direcionando a ação pedagógica ao conteúdo a ser ensinado. Mas, para que isto ocorra, o professor precisa estar sempre se atualizando e buscando formas de associar a teoria aos recursos didáticos e tecnológicos apropriados.

Desta forma, ao realizarmos uma breve análise do ensino e da aprendizagem em Ciências da Natureza, destacamos a Química, em que os estudantes apresentam muitas dificuldades para sua compreensão. São conteúdos com elevado grau de dificuldade, que em sua maioria, estão relacionados à dimensão submicroscópica do conhecimento. Nesse contexto, Rocha e Vasconcelos (2016) relatam que, o ensino expositivo ocasiona o desinteresse dos alunos por este componente curricular, ocasionando a dificuldade ao aprendizado e o estabelecimento de relações do conteúdo com o cotidiano. No entanto, as dificuldades no ensino e na aprendizagem em Química vem sendo retratada a muito tempo. Johnstone (2000) já ressaltava que para uma boa compreensão de fenômenos submicroscópicos uma certa habilidade cognitiva é requerida para o favorecimento da formação e a criação de habilidades que possam gerar conexões com o que é ensinado e resultar em aprendizagem³.

Assim, novas metodologias e estratégias voltadas ao ensino da Química são estudadas e buscam-se por meio delas, novas formas de possibilitar a compreensão do discente junto aos conteúdos mais complexos e auxiliá-los na visualização de teorias, por meio ou com a utilização de imagens, modelos concretos, gráficos,

¹ Geração Z - definição sociológica para pessoas nascidas, em média, entre os anos de 1990 a 2010 e que usam a internet desde muito jovens e, portanto, se sentem muito confortáveis com a tecnologia e o mundo digital (BOLSON, RODRIGUES E LIMA, 2020).

² Geração Alpha – Definição sociológica para indivíduos nascidos a partir do ano de 2010, e estão rodeados de tecnologia em seu cotidiano. Como o seu contato com a tecnologia é precoce, a tendência indica que serão mais independentes que as gerações antecessoras e que desenvolverão maiores habilidades de adaptação com as novas tecnologias (BOLSON, RODRIGUES E LIMA, 2020).

³ Conforme a definição de Leite (2015, p. 93), o termo “Aprendizagem” refere-se a um fenômeno ou método relacionado com o ato ou efeito de aprender e ainda é uma modificação do comportamento do indivíduo em função da sua experiência. Esse termo será utilizado no decorrer dessa pesquisa.

diagramas, programas computacionais e outros tipos de ferramentas de visualização que possibilitem a compreensão de suas representações.

Por isso, ao discorrer sobre as tecnologias da informação e comunicação pode-se defini-las como um agrupamento de tecnologias que admite a produção, o acesso e a expansão de informações e que evoluíram de forma rápida e extraordinária com o passar dos anos em todas as áreas de automação humana (RODRIGUES, 2016). Nota-se que no Brasil, tratando-se de computadores e aliando-os à tecnologia aplicada ao ensino, o início se deu entre 1960 a 1970 e, assim, tem se construído uma história marcante do uso do computador voltado para o ensino da Química. Nesta perspectiva buscam-se adaptar as teorias e metodologias de ensino já existentes para a mediação da educação por meio dos aparatos tecnológicos.

Indubitavelmente, com o auxílio do computador surgiu a facilidade na reprodução de imagens para auxiliar o educador na mediação dos processos de ensino e de aprendizagem. A reprodução de imagens por meio de projetores, tornou-se um importante recurso no ensino da Química, que possibilita a construção de conhecimentos com significado. De acordo com Paivio (2014), a captação e o processamento de imagens auxiliam na significação dos conhecimentos construídos pelo estudante.

No entanto, notamos que, mesmo em meio à tecnologia, a representação de imagens ainda é realizada em 2D, geralmente numa lousa branca com auxílio de retroprojetores. Deste modo, ao utilizarmos aplicativos em que podemos desenhar moléculas em 3D e a reproduzimos na tela do computador, o expectador a visualizará em forma de imagem em 2D pois, ela não estará no espaço. Por outro lado, as imagens em 3D nos são apresentadas em filmes, normalmente em forma de hologramas espaciais, podendo ser visualizada em sua totalidade e causando um impacto maior devido a sua multiplicidade de detalhamento. Em nossa realidade, os hologramas são apresentados como a tecnologia do futuro e vem ganhando bastante espaço no ambiente educacional, em diversas áreas das ciências.

Por outro lado, ao relacionarmos a holografia ao ensino da Química, procuramos ressaltar a sua importância para a abordagem da “isomeria óptica”, pois é um fenômeno da Química Orgânica existente em arranjos espaciais nas estruturas de determinados compostos, devido ao átomo de carbono estabelecer ligações variáveis. Para os alunos isso pode dificultar na compreensão, pois não há referenciais ao associar o fenômeno à visualização e para o educador pode haver a dificuldade

em criar uma visualização adequada (representação pictórica) para a exposição do conteúdo. A modelagem didática, associada a um método válido de ensino, pode vir a colaborar com a aprendizagem e facilitar a explicação do professor sobre a isomeria óptica e os desdobramentos desses fenômenos na natureza.

Neste sentido, a fim de destacar a importância dos recursos didáticos pedagógicos no ensino da isomeria óptica em Química Orgânica, por meio de hologramas 3D reproduzidos por pirâmide holográfica, procuramos investigar se as imagens de isômeros ópticos em 3D colaboram para o ensino e para a aprendizagem e como os alunos reagem ao ensino por meio dessas imagens, que proporcionam visão espacial 3D. Além disso, nos questionamos sobre a importância desse aparato tecnológico numa abordagem inovadora ao introduzi-lo em uma sequência didática com abordagem em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), utilizando tema do cotidiano representado pelos medicamentos *cloroquina* e *hidroxicloroquina* devido às controvérsias geradas sobre a eficácia dos dois contra a Covid-19.

Assim, com base neste questionamento, buscamos subsídios no contexto educacional, investigando uma turma do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Marques de Paranaguá, em Vera Cruz do Oeste, Paraná. A ideia era observar se o uso das imagens holográficas 3D contribui para o ensino do conteúdo de isomeria óptica. Para isso, foi elaborada uma sequência didática em que foi utilizado o protótipo de pirâmide holográfica juntamente com vídeos elaborados para exposição dos conceitos sobre a isomeria óptica. Posteriormente, buscamos avaliar a contribuição destes recursos didático para o ensino e para a aprendizagem deste conteúdo.

Traçamos um caminho dividido em etapas. No primeiro tópico abordamos a tecnologia da informação e comunicação (TIC) voltada ao ensino. No segundo, abordamos as teorias de aprendizagem e as novas tecnologias digitais da informação e comunicação. No tópico três, debatemos as principais teorias da aprendizagem e as novas tecnologias digitais da informação e comunicação (NTDIC). No quarto tópico, destacamos o uso de imagens no ensino da Química e as teorias que lhes dão embasamento. No quinto, detalhamos nossos procedimentos metodológicos e, no sexto tópico, apresentamos a análise e interpretação dos dados. Finalizamos com as considerações finais.

1.1 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de métodos que auxiliem a abordagem de conteúdos pelo professor faz parte do processo de ensino. Este com o intuito não somente de despertar o interesse do aluno, mas sim o olhar⁴ para questões das ciências existentes na sociedade e que venham a colaborar com sua formação profissional e pessoal, o tornando um cidadão crítico e capaz de compreender o mundo, além de formar visualizações que facilitem e auxiliem na reflexão sobre o que se está aprendendo em sala de aula e as relações com os fatores científicos presentes no cotidiano. Apesar da falta de recursos em alguns colégios da rede pública de ensino, a criatividade do educador é requisitada para que o acesso do aluno a uma educação tecnológica seja iniciado e implementado na sua passagem pelo ambiente escolar.

Neste âmbito, o modelo de pirâmide holográfica pode ser um contributo ao educador, auxiliando na exposição de modelos, como os dos compostos orgânicos que fazem parte da isomeria óptica e necessitam de uma visualização espacial em 3D para uma compreensão aprimorada pela visualização, proporcionando aos educandos a capacidade de compreender, interpretar e criar significados sobre os conceitos deste conteúdo.

Tendo em vista que, a busca de inovações no processo de ensino frente as Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, o modelo de pirâmide holográfica possibilita a construção de conhecimentos, amplia as possibilidades de uma aprendizagem significativa e proporciona o desenvolvimento cognitivo do aluno, evidenciando o papel das imagens e seu potencial na formação de associações referentes as palavras e estas como potencializadoras na interpretação das imagens, diminuindo o grau de abstração do conteúdo e ludicamente colaborando com a exemplificação.

Nesta perspectiva, esta pesquisa visa contribuir e destacar as Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, por meio de imagens holográficas 3D de isômeros ópticos, proporcionando ao professor um recurso didático pedagógico

⁴ Ao nos expressarmos em relação a mudança do olhar do estudante ao ensino da ciência química nos remetemos a Latour e Woolgar (1997, p. 27) e sua obra "A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos" onde em um ponto da obra é questionado sobre como um indivíduo sem conhecimento em ciência pode lançar um olhar verdadeiro e novo sobre a atividade científica e afirma que este é o ponto que deve ser trabalhado, a questão de disciplinar o olhar, e esclarece que, este é um verdadeiro desafio e não na aquisição de conhecimentos, pois está sim é sempre superestimada.

para auxiliar na mediação e exemplificação de conceitos ampliando as possibilidades de utilização da tecnologia em aulas de Química. E, ainda, colaborar com a relação professor-aluno, inovando e envolvendo o estudante no processo de criação, direcionando o olhar do aprendiz à observação e interpretação de fatores do cotidiano que envolvam a ciência química.

Desta forma, as questões que norteiam esta investigação são:

1. *As imagens 3D reproduzidas por pirâmide holográfica colaboram no processo de ensino e de aprendizagem dos conceitos da isomeria óptica?*
2. *A utilização de imagens no ensino da isomeria óptica otimiza a ativação da memória de longo prazo e colabora para que os estudantes resgatem essas memórias formadas, quando acionadas através de palavras e imagens?*

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Abordar a isomeria óptica com alunos do terceiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Marques de Paranaguá, por meio de uma sequência didática elaborada com abordagem CTS e utilizando medicamentos para exposição dos conceitos da isomeria, por meio de pirâmide holográfica, reproduzindo imagens 3D destes compostos moleculares, com o objetivo de despertar o olhar do estudante para questões das ciências presentes na sociedade e em situações do cotidiano, e proporcionar visualizações que venham a colaborar na reflexão do conteúdo ensinado e no estabelecimento de relações, para que se tornem cidadãos críticos e capazes de compreender e interpretar o mundo.

Assim, a partir de questionário aberto de pesquisa qualitativa, procuramos demonstrar a contribuição das imagens no ensino e na aprendizagem do conteúdo de isomeria óptica, buscando interpretações mediante a Análise Textual Discursiva (ATD), categorizada *a priori* em consonância com a Taxonomia Digital de Bloom e interpretações à luz da Teoria da Dupla Codificação (TDC) e demais autores presentes na pesquisa bibliográfica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar sequência didática, propondo a utilização de *pirâmide holográfica* como recurso didático na abordagem de isomeria óptica;
- Utilizar o protótipo de pirâmide holográfica juntamente com vídeos elaborados para exposição de conceitos de isomeria óptica, como carbono quiral, misturas racêmicas e enantiômeros. Exemplificar utilizando as estruturas dos medicamentos *cloroquina* e *hidroxicloroquina*;
- Avaliar a contribuição do recurso didático no processo de aprendizagem dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Marquês de Paranaguá;
- Identificar, por meio de ATD e à luz da Teoria da dupla Codificação e demais autores da área de NTDICs, se a utilização das imagens holográficas 3D na abordagem dos conceitos de isomeria óptica é eficaz e pode contribuir significativamente para os processos de ensino e de aprendizagem.

2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) APLICADA AO ENSINO

A tecnologia da informação está presente no cotidiano da população, que não se cansa de observar os constantes avanços, seja em equipamentos ou na velocidade de uso de dados, das redes de computadores e da internet. O mesmo acontece com o ensino, pois, por meio de computadores conectados às redes de internet, podemos realizar pesquisas de textos, artigos e conteúdos e os mais diversos temas a serem discutidos e aplicados no ambiente escolar.

De acordo com Caetano e Nascimento (2018), o uso da tecnologia na prática pedagógica é escasso, a utilização desta por alunos geralmente são em demandas de pesquisas extraclasses, realizadas em seus lares, isso quando possuem acesso a um aparelho celular ou a um computador conectado à internet. Muito é comentado sobre o uso da tecnologia para o ensino em telejornais, em artigos publicados, livros e inúmeros sites com dicas e ideias de modelos e aplicações.

Desse modo, devido a inúmeros fatores envolvendo as tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) voltada ao espaço escolar, neste tópico expomos a importância de abordar parte do histórico da tecnologia no ensino brasileiro e as evoluções e aplicabilidades no ensino da Química escolar, com o intuito de demonstrarmos que no ambiente escolar em termos de aplicação do ensino mediado por tecnologia ainda há caminhos a serem traçados.

2.1 BREVE HISTÓRICO DO USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NO ENSINO BRASILEIRO

O uso da informática na educação brasileira ocorreu por meio de influências americanas e francesas, nas décadas de 1960 e 1970, visto que os americanos e franceses evoluíam em aspectos tecnológicos e voltaram a tecnologia para o ensino (VALENTE et. al., 1999), assim, o Brasil, observando a evolução tecnológica, acompanhou os modelos de implantação da informática, com o intuito de formar cidadãos para o mercado de trabalho, provenientes da necessidade de mão de obra capacitada. Portanto, com vistas à economia e a geopolítica de supremacia do ideário neoliberal, a escola pública brasileira teve seu primeiro contato com as TIC (ALMEIDA, 2009).

No começo da década de 1970 houve o início de algumas experiências com o uso do computador nas universidades brasileiras, Souza (1983), retrata que esta experiência aconteceu em 1971, por meio de um seminário intensivo sobre o uso de computadores no ensino de Física, tendo a Universidade de São Paulo no campus de São Carlos como sede, e um palestrante dos Estados Unidos da América, da Universidade de Darmouth, o qual veio ao Brasil mediante o convite da universidade, e com apoio do CNPq e da UFSCar (NASCIMENTO, 2009). E no decorrer da década de 1970, demais universidades como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), também promoveram eventos na área de tecnologia (VALENTE, 1999).

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, no ano de 1973, fez o uso de um software de simulação no ensino da química dentro do Núcleo Educacional para a Saúde e o Centro Latino-Americano de Tecnologia Educacional e nesse mesmo ano, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul realizou experimentos usando simulação de fenômenos da Física com alunos de graduação. Em 1974, na Universidade de Campinas, um software do tipo CAI (*Computer Aided Instruction*), implementado em linguagem *BASIC* voltado para o ensino de fundamentos da programação auto apoiada por a computador é desenvolvido por um aluno de iniciação científica (VALENTE, 1999). Deste modo, começa o delineamento de um processo de grandes transformações e estas são profundas, modificando-se a todo instante e evoluindo.

Como cita Takahashi et al. (1976), o primeiro documento intitulado “Introdução a computadores” foi produzido por meio de financiamento por um Programa de Expansão e Melhoria no Ensino (PEMEM) em 1976, e ainda nesse mesmo ano iniciou-se os primeiros trabalhos com crianças com o uso de *Logo*, ou seja, uma linguagem de programação interpretada e voltada principalmente para o público infantil. As ideias “*Logo*” foram lançadas no ano de 1975, no Brasil por Seymour Papert e Marvin Minsky, americanos que visitaram o país e estabeleceram seu uso na educação (VALENTE, 1999).

A primeira dissertação sobre a informática aplicada ao ensino data de 1981. Em 1983 criou-se o primeiro grupo de pesquisa nomeado de “Núcleo de Informática Aplicada a Educação – NIED”, portanto nos anos 80 o Brasil já contava com muitas iniciativas para atender às demandas em relação ao uso da informática para a educação, contando com países aliados ao uso da tecnologia e com o interesse do

Ministério da Ciência e Tecnologia, deste modo, impulsionou a tecnologia computacional por toda sociedade e devido à disposição do governo e de pesquisadores das universidades implantou-se programas de ensino utilizando-se da informática (VALENTE, 1999).

Vários programas educacionais foram atraídos para o ensino por meio dos recursos tecnológicos, na época denominado de informática, e para isso, foram implantadas normas, criadas por secretárias do Ministério da Educação e Comunicação (MEC) e receberam suportes do CNPq e demais órgãos financiadores de pesquisas visando a formação de professores para escolas técnicas, e a utilização da nova tecnologia para o ensino que se dissipava pelo país. No entanto, somente em 1997 foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação denominado de ProInfo, este, vinculado à Secretaria de Educação a Distância (SEED) do MEC, e foram implantados, por meio desse programa, Núcleos de Tecnologia Educacional em 27 estados e Distrito Federal, capacitando muitos multiplicadores para atuarem através de curso de especialização em informática em educação (VALENTE, 1999). Atualmente, o ProInfo consta como portal colaborativo de aprendizagem ofertando cursos de atualização voltados para a Tecnologia da Informação e Comunicação com o seguinte endereço eletrônico: <http://e-proinfo.mec.gov.br/>.

A partir da política e propostas pedagógicas da informática, pesquisas foram realizadas por universidades e escolas da rede pública de ensino, surgindo inúmeras abordagens com o uso da tecnologia da informação e comunicação que colaboraram para o desenvolvimento de práticas educacionais nas mais diversas disciplinas do currículo escolar, diferentes softwares educacionais foram desenvolvidos e o computador alcançou maior utilização, solucionando problemas apresentados tanto no âmbito do ensino, como no ambiente administrativo escolar.

Apesar de todos os caminhos traçados pela tecnologia da informática, desde que esta chegou ao Brasil, onde ocorreram diversos estudos e ações para a consolidação perante o ensino, notamos que mesmo com a apresentação do recurso tecnológico sendo clara, na atualidade ainda constam desafios a serem enfrentados para sua efetivação na educação escolar (LEITE, 2015). Assim, com os avanços constantes da tecnologia há a necessidade de atualizações frequentes, com o intuito de acompanhar as inovações. Desta forma, destacamos aos professores que essas atualizações são de suma importância, pois partindo de amplo conhecimento do uso da tecnologia e dos aparatos tecnológicos disponíveis na atualidade, por meio de

estudos e aperfeiçoamentos, estes poderão dar o direcionamento e a aplicabilidade para o ensino escolar de uma forma que seja eficiente para todos os componentes curriculares.

2.2 ENSINANDO POR MEIO DAS NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Atualmente, questões são levantadas devido a prática do ensino escolar utilizando as novas tecnologias digitais da informação e comunicação (NTDIC), segundo Leite (2015, p. 94) a tecnologia aplicada ao ensino vem transformando o espaço escolar e gerando discussões “por parte de filósofos, psicólogos, educadores e demais pesquisadores da área, que procuram interpretar e adaptar as teorias de aprendizagem nas propostas de ensino” integrando o uso de computadores e softwares educacionais com o objetivo de uma “aplicação didática eficiente”. Desta forma, o computador aliado à internet, programas e softwares, quando utilizado como ferramenta auxiliar de ensino, tem se destacado em inúmeras áreas.

Ensinar por meio do uso da tecnologia digital da informação e comunicação tornou-se uma realidade no cotidiano do professor, principalmente no século XXI, pois com a revolução tecnológica, o computador, que antes era de difícil acesso à população menos favorecida, passou a fazer parte do cenário, tanto escolar, como das casas. Utilizando, no começo, a internet discada, possibilitou o acesso a sites e às pesquisas.

Através de programas do governo brasileiro de acesso à internet e tecnologia para todos, a aquisição de computadores e a instalação de redes de internet foi facilitada. As escolas e universidades passaram a contar com laboratórios de informática que possibilitavam melhor formação aos alunos de cursos técnicos e universitários na área da informática. E, ainda disponibilizavam aos demais alunos acesso para elaboração de trabalhos e pesquisas acadêmicas.

Até então, a tecnologia oferecida não era utilizada como recurso auxiliar na prática pedagógica, não havia uso de recursos tecnológicos digitais aplicados ao ensino e não havia metodologia adequada para uso da tecnologia nas aulas em favor dos conteúdos das disciplinas que não fossem exclusivas dos cursos técnicos e tecnológicos de informática.

Para Moran (2000), ensinar usando novas mídias é revolucionar e mudar

concomitantemente os paradigmas do ensino até então convencional, o qual mantinha o professor como detentor do conhecimento a frente da sala de aula e o aluno como mero aprendiz e expectador. Para este autor, se este paradigma não for quebrado, o uso da tecnologia será somente mais uma maquiagem de efeito para o ensino tradicional.

Ao utilizar a tecnologia, voltada para o ensino, esta deve ser planejada visando auxiliar os processos educativos, buscando novas estratégias para alcançar uma aprendizagem significativa, melhorando o sistema educacional e seu desempenho. Portanto, o acesso à internet não se torna o aspecto mais importante neste caminho, mas há a importância da criação de novos ambientes e dinâmicas de aprendizagem ao utilizar a tecnologia (BRASIL, 1997). Há a necessidade de se compreender, estudar e manter um conhecimento adequado para poder utilizar diferentes recursos computacionais na educação.

Os computadores (*hardware*) cada dia mais rápidos e modernos permitem a criação de ferramentas (*softwares*) avançadas e sofisticadas para apoiar o professor na transposição do conhecimento, caracterizando os avanços da tecnologia na área de informática e de comunicação (GERALDI e BIZELLI, 2016). Para que essa tecnologia seja bem aproveitada para a educação o professor pode buscar especializações, ou seja, aprender a orientar e planejar suas aulas com a utilização das TDIC, repensar estratégias de ensino, identificar os pontos nos quais a tecnologia pode ser aplicada e observar como está o cenário escolar dentro das mudanças após inserção de novas metodologias de ensino.

O uso da tecnologia abre um mundo de possibilidades quando aplicada a educação escolar, pois esta se renova com velocidade, sendo muitas vezes difícil acompanhar tanto aperfeiçoamento, portanto, ao ser utilizada na prática pedagógica cabe ao professor avaliar o contexto social, cultural e financeiro, sendo que estes cenários podem limitar ou ampliar o uso das TDIC nas escolas.

Ressalta-se que a utilização de tecnologia para o ensino não substitui o professor, no entanto, permite que alguns procedimentos em sala de aula sejam modificados e adaptados e o professor passa a ser mediador do conhecimento e não o transmissor como no modelo tradicional de ensino (MORAN, 1998). Neste sentido, para que o professor seja o intermediador no âmbito das TDIC em classe, este pode assumir o papel de motivador e planejar o uso da tecnologia com os conteúdos programáticos do ensino e para que isto ocorra, é exigido do docente uma formação

adequada na qual colabore com o aluno na aprendizagem e propicie condições de ensino eficientes.

2.3 TECNOLOGIA DIGITAL DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA

As pesquisas e debates sobre o ensino da Química são crescentes, sempre atentando para inovações e investigando novas formas de proporcionar aos alunos a construção de conhecimentos, seja no ensino médio, técnico ou universitário. No entanto, quando se adentra no uso das novas tecnologias da informação e comunicação para o ensino da química, muitos professores não são formados e voltados pedagogicamente nesta área de ensino. Desta forma, Conceição e Ferreira (2022), afirmam que a qualificação de professores voltada ao emprego de aparatos tecnológicos tem sua importância e é fundamental para que o processo de ensino e de aprendizagem seja transformado, assim, novas estratégias são requeridas para que a partir do ensino se alcance o objetivo almejado que é a aprendizagem do aluno.

Para ensinar Química com o uso das Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (NTDIC), deve-se adequar o conteúdo proposto, e isto acaba dificultando a sua aplicação, pois além da demanda da formação nesta área, requer tempo e conhecimento tanto da disciplina, quanto sobre a tecnologia a ser utilizada para abordagem de determinado conceito.

Com relação ao conhecimento químico aplicado ao ensino, este é datado de 1837 e foi implantando no currículo do antigo segundo grau, hoje ensino médio no Colégio Pedro II, e a partir deste momento histórico, passou a fazer parte dos currículos das demais escolas, sofrendo várias alterações nos conteúdos a serem ensinados e nas formas de abordagens (SCHEFFER, 1997). No século XIX, o ensino era voltado ao mercado de trabalho o que configurou a disciplina de química como relevante aos currículos escolares, isto devido a preparação dos alunos para os cursos de medicina existentes na época. Porém, a química não era considerada uma disciplina importante nos currículos escolares, pois era associada com memorização de fórmulas e conceitos até então, incompreendidos pela sociedade em geral devido à complexidade e a falta de associações com as atividades do cotidiano (NEVES e BRAQUINI, 2018).

Como uma das disciplinas das ciências, a Química, passou a ser obrigatória no Brasil a partir da LBDEN, lei n 4.024/61 com a intenção de substituir os chamados

métodos tradicionais de ensino por metodologias ativas, ou seja, o ensino verbalista, no qual utilizavam-se somente livros-texto e a transmissão de conteúdo para serem memorizados seria modificado (KRASILCHIK, 1987). O olhar do professor foi direcionado para as novas metodologias ativas de ensino, e essa busca por novas estruturas para o ensino da ciência Química permanece com o passar dos anos.

Atualmente a química tem se tornado uma disciplina essencial ao currículo escolar, pois remete a uma educação voltada para a compreensão dos fenômenos da natureza e consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1998), a química como disciplina deve proporcionar ao educando uma renovação da mente e uma mudança constante no modo de pensar, agir e se posicionar. Frente a isto, nos deparamos com a era da tecnologia e o ensino da Química.

A Química é importante para o país pois, age em operações de acordos internacionais e as autoridades enxergam no ensino da disciplina uma estratégia de segurança nacional, portanto, se há avanços em tecnologia, a população pode ser qualificada para acompanhar a evolução em todos os setores, sejam industriais, econômicos ou de ensino (OLIVEIRA e CARVALHO, 2006).

Na virada para o século XXI a tecnologia já se configurava como ampla no Brasil, e atualmente é acessível a grande parte da população, segundo Vieira (2003), quando aplicada no ensino e na aprendizagem, a tecnologia da informação e comunicação é facilitadora desse processo, visto que a presença da tecnologia nas práticas pedagógicas facilita o desenvolvimento de habilidades dos alunos, tornando mais prática a vida deles e os condicionando a atuar ativamente na sociedade.

Ao ensinar Química podemos utilizar modelagens para a abordagem de conceitos que evidenciam e exemplificam fenômenos mundiais, descrevem e interpretam acontecimentos, elaboram e testam hipóteses e fazem previsões de eventos, e a utilização de tecnologia no processo de aprendizagem vem a corroborar com o professor para que a abordagem dos acontecimentos seja compreendida, interpretada e facilitada.

Para tornar o ensino da Química interessante e demonstrar sua importância aos alunos podemos utilizar as estratégias oferecidas pela tecnologia, as quais permitam que o educando participe ativamente da aula, e a partir de métodos de ensino, incentivá-lo a analisar e pensar acontecimentos do cotidiano partindo dos

conhecimentos químicos, e desta forma, proporcionando ao estudante explicações e soluções para que ele posteriormente consiga elaborar críticas construtivas sobre os fenômenos que lhe foram ensinados. A tecnologia e os conhecimentos científicos estão diretamente ligados, e, portanto, as NTDIC e suas ferramentas de ensino podem ser utilizadas possibilitando o ensino e colaborando com a aprendizagem significativa dos alunos (LEITE, 2015).

O computador quando utilizado acoplado as práticas educacionais, viabiliza a construção do conhecimento, possibilita o desenvolvimento de novos pensamentos e colabora para a formação de métodos dinâmicos e interativos na compreensão de modelagens abstratas em determinados conceitos da química. A presença da tecnologia em sala de aula é poderosa, pois permite inúmeras possibilidades de uso oferecendo variadas opções de *softwares* que vão desde a animação, simulação e jogos que podem despertar a curiosidade do aluno e proporcionar ao imaginário condições para uma compreensão da disciplina de forma a favorecer o estabelecimento de conexões entre o aprendizado e a realidade (FIALHO e MATOS, 2010).

No entanto, o uso das NTDICs para o ensino da Química sem a devida orientação ou mediação de um professor não proporciona a construção de aprendizagens, assim, há necessidade da mediação do educador, este orientando e intermediando o uso de ferramentas e recursos que venham a colaborar com a compreensão de conceitos. O papel do professor é essencial, pois ele pode elaborar seu plano de aula adaptado para o uso das mais diversas formas de aparatos tecnológicos e estes serão utilizados em momentos oportunos em concordância com os conteúdos da química a serem ensinados.

2.4 NOVOS MÉTODOS TECNOLÓGICOS DE ENSINO E BARREIRAS ENCONTRADAS

Existem inúmeros benefícios quando se juntam a tecnologia da informação e comunicação ao ensino, porém, barreiras devem ser contornadas para a utilização de recursos didáticos tecnológicos no ambiente escolar, seja por falta de equipamentos ou ainda devido aos currículos, que são extensos e não permitem ao professor tempo para criar e planejar aulas com o suporte de inovações e utilizá-las a partir do computador direcionando os estudantes a uma aprendizagem significativa.

Alguns professores são aversos ao uso pedagógico da tecnologia. Leite (2019),

afirma que muitos professores não têm formação específica para fazer o uso da pedagogia tecnológica principalmente relacionada às TDICs. Neste contexto, para o ensino mediado por meio das NTDICs, ressaltamos que os problemas que envolvem educação e tecnologia da informação e comunicação vão além da formação de professores e se expandem para espaços estruturais escolares, sendo notados na falta de incentivo em forma de capacitação dos educadores e problemas com redes de acesso à internet.

Em 2018 elaborou-se a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tendo em vista inovações no ensino, adaptações e definições do conjunto de aprendizagens essenciais voltadas para educação básica, tendo como objetivo alavancar a qualidade da educação no país proporcionando a aprendizagem e desenvolvimento que é de direito a todos os alunos (BRASIL, 2018). Tratando-se do ensino médio, a BNCC (2018, p. 462) afirma que, a recriação da escola é necessária devido as “rápidas transformações na dinâmica social contemporânea nacional e internacional, em grande parte decorrentes do desenvolvimento tecnológico”, visto que essas transformações abrangem “diretamente as populações jovens” e seus processos de estruturação durante a vida escolar.

Ainda sobre as habilidades garantidas pela BNCC aos estudantes, é abordada a compreensão de fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos, o qual dentre suas atribuições contempla a apropriação das linguagens das tecnologias digitais e a fluência na sua utilização (BRASIL, 2018). E ao abordar as muitas formas de introduzir a tecnologia em sala de aula através de aparelhos tecnológicos, por exemplo o computador, nos deparamos com linguagens de programação, sistemas tutoriais, caixas de ferramentas, comunicação mediada, diferentes dinâmicas de ensino e as simulações e animações proporcionadas através da internet por softwares, sites e aplicativos de uso *online* e remoto para *downloads*.

Há diversas formas de ensino com uso de computador, celular e os seus diversos aplicativos, estas formas se configuram como uma barreira para o professor que não estiver preparado para utilização dos recursos disponíveis de forma apropriada em colaboração para a aprendizagem do conteúdo das disciplinas, em foco a Química.

Algumas teorias, inspiradas nos estudos de Vygotsky e Piaget procuram explicar como ocorre a aprendizagem através da utilização de ferramentas tecnológicas aplicadas ao ensino de conteúdo específicos. No entanto, esses estudos

são novos e se tornam importantes no novo cenário didático e de desafios em que se encontram as Ciências.

Com relação às barreiras no alcance da rede de internet e equipamentos como computador e tablets em escolas de cidades menores e de periferia, esta é frequente principalmente na rede pública de ensino, pois demanda um grande investimento econômico que deixa de ser aplicado na educação, dificultando o acesso à tecnologia da informação e comunicação e não possibilitando seu acesso a toda uma população de estudantes do Brasil.

Para que o uso da tecnologia alcance os colégios de periferia, onde não há recursos como rede de internet e laboratórios de informática com a devida manutenção, cabe ao professor fazer uso da criatividade se utilizando dos recursos que tem a mão, para produzir formas de inteirar seus educandos com os acontecimentos recentes e estimular o uso da tecnologia em aparelhos móveis como celular conectados por suas operadoras que oferecem pacotes de dados de internet. Caso o educando não possua internet, celular e computador o professor pode possibilitar o uso de diferentes recursos, como uma estratégia que pode ser criada de acordo com as características do recurso, da disciplina, do objetivo de aprendizagem e da criatividade. A estratégia é, portanto, uma das maneiras de usar um recurso para conduzir o momento de aprendizagem planejado. Assim, um mesmo recurso pode ser usado de inúmeras formas a partir da estratégia escolhida.

Um outro fator importante no método de ensino com recursos tecnológicos, são as teorias de aprendizagem, pois em sua maioria, foram elaboradas anteriormente à criação dos computadores, mas podem ser utilizadas e adaptadas para a realidade atual. Assim, o professor pode adaptar as teorias já existentes para observar como os seus estudantes aprendem por meio de estratégias apoiadas na utilização de recursos tecnológicos, ou procurar novos métodos que se adaptem ao ensino com o uso da tecnologia observando e avaliando a forma como o aluno aprende a partir da utilização de recursos tecnológicos.

Deste modo, inúmeros desafios são apresentados para que as novas tecnologias se destaquem na renovação do ensino, entre eles a compreensão de que os objetivos para a aplicação destas devem ser definidos e direcionados para despertar o interesse nos alunos e como recurso didático propiciar a aprendizagem com a intenção de possibilitar ao educando estabelecer relações entre a educação científica e as transformações tecnológicas (CACHAPUZ *et. al.*, 2005).

Neste caminho, uma das realidades previstas é que muitas dificuldades serão encontradas, podendo dificultar a introdução do computador, celular e tablets ao ambiente de ensino, desta forma cabe ao educador transformar a realidade e procurar unir a tecnologia a sua didática como uma forma de incentivar, despertar a curiosidade e aflorar o pensamento crítico e criativo⁵ do educando.

Portanto, no processo de aperfeiçoamento para um ensino a partir da introdução das NTDICs, é necessário entender sobre as formas de apropriação do conhecimento e como elas foram instituídas, estudadas, comprovadas por psicólogos educacionais e as aplicações dessas teorias tradicionais e as atuais no contexto tecnológico.

⁵ Ao utilizarmos da expressão “pensamento crítico”, nos voltamos as definições abordadas nos referenciais de Terneiro-Vieira e Vieira (2000, p.14 a 16), e Ennis (1987), que colocam a expressão “pensamento crítico” como uma atividade prática e reflexiva, uma forma de pensamento racional e reflexivo com foco em decisões em que acreditar ou como fazer. Para o “pensamento criativo”, seguimos a definição de SEABRA (2007, p. 14), que o esclarece como a capacidade da pessoa para produzir ideias, descobertas, reestruturação, invenções, objetos artísticos novos e originais, que são aceites pelos especialistas como elementos valiosos no domínio das ciências, da tecnologia e da arte.

3 TEORIAS DA APRENDIZAGEM E AS NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Neste tópico apresentamos resumidamente algumas das teorias da aprendizagem, dentre as mais clássicas, até alguns estudos mais recentes, com o intuito de demonstrar aspectos que podem fornecer subsídios ao estudo da aprendizagem no contexto das novas tecnologias digitais da informação e comunicação. Assim, descrevemos alguns dos principais conceitos dessas teorias e algumas aplicabilidades no contexto das NTDICs.

Desta forma, para compreendermos sobre algumas generalidades das teorias da aprendizagem, Moreira (1999), descreve três teorias subjacentes sendo a comportamentalista (behaviorismo), a humanista e a cognitivista (construtivismo), ele destaca que essas teorias podem ser enquadradas juntas ou separadas, porém, esta colocação pode ter várias vertentes dentro da filosofia.

Assim, ao observarmos o desenvolvimento tecnológico do século XXI, destacamos que, existe uma necessidade de compreensões atualizadas do “como se aprende” perante as novas tecnologias digitais da informação e comunicação e de que modo, essas teorias do século XIX e XX podem ser aplicadas na atualidade, desta forma, as recentes teorias da aprendizagem, procuram debater a era tecnológica e de que maneira é formado o conhecimento através do uso das NTDIC, para isso, nos amparamos em autores e estudiosos com obras recentes e que basearam suas pesquisas e estudos nos principais psicólogos e autores do passado em busca de uma explicação científica do processo de aprendizagem.

Portanto, para a compreensão da aprendizagem a partir da tecnologia envolvendo computadores, tablets e celulares, que são equipamentos utilizados e acessíveis a maior parte da população, buscamos destacar teorias como o behaviorismo, construtivismo e humanismo e procuramos descrever os principais enfoques dessas teorias estabelecendo ligações com as novas tecnologias digitais da informação e comunicação e apresentamos resumidamente as principais teorias de aprendizagem que surgiram, posteriormente as tradicionais, e são atualmente utilizadas em estudos para educação em ciências, e em especial a química, nos orientando em como realizar pesquisas a partir da utilização da tecnologia digital da informação e comunicação para o ensino.

3.1 BEHAVIORISMO E/OU COMPORTAMENTALISMO

O termo behaviorismo vem do inglês *behavior* que significa comportamento, essa teoria estuda o comportamento observável e teve sua origem na psicologia. Entre seus estudiosos encontram-se Ivan Pavlov (1849-1936) que possui sua teoria até os dias de hoje aceita, pois retrata a aprendizagem como troca de estímulo, já para John B. Watson (1878-1958) a aprendizagem dava-se por estímulo-resposta, o qual os chamou de reflexos, desta forma, se aprende a responder a novos contextos. A quebra de hábitos foi estudada por Edwin R. Guthrie (1886-1959), o qual abordou técnicas para suprir as respostas obtidas que não eram desejáveis, entre as estratégias, estão a fadiga, o limiar, o exercício e a prontidão. Edward L. Thorndike (1874-1949), contribuiu com o behaviorismo definindo que a aprendizagem através dessa teoria estava explicitada na lei do efeito, ou seja, o comportamento é uma consequência determinante das conexões do que é ou não aprendido (MOREIRA, 1999).

Um dos autores mais conhecidos que estudou a teoria do comportamentalismo é Burrhus Frederic Skinner (1904-1990), e nas décadas de 60 e 70 do século XX suas teorias foram aplicadas em salas de aula para o ensino de todas as disciplinas lecionadas. Através dos estudos de Skinner tendo como base o condicionamento operante, foi tencionada uma revolução científica e tecnológica no ensino, porém considerava o uso de recompensas para incentivar os acertos de questões de estudos assegurando o mínimo de erros (MOREIRA, 1999).

Por isso, essas teorias previam que a cada estímulo iria se formar uma resposta, ou seja, remeteria a algo da convivência do aprendiz que estaria condicionado através de repetições e treinamento ao longo da sua vida e na trajetória acadêmica.

No behaviorismo, a teoria de Watson ficou conhecida como a metodologia que possuía sua base no realismo, enquanto o de Skinner ficou conhecida como “radical”, que defendia uma análise experimental do comportamento e em sua obra “sobre o behaviorismo” de 1974 retrata que:

O behaviorismo radical restabelece um certo tipo de equilíbrio. Não insiste na verdade por consenso e pode, por isso, considerar os acontecimentos privados dentro da pele. Não considera tais acontecimentos inobserváveis e não os descarta como subjetivos. Simplesmente questiona a natureza do objeto observado e a fidedignidade das observações (SKINNER, 1974, p. 19).

Neste sentido, o comportamento humano é definido como operante e o radicalismo é explicado por análise de um fenômeno⁶ comportamental específico. No entanto, uma dificuldade apontada perante esta teoria é a concepção de aprendizagem visto que, o aluno se torna indiferente, não possui voz ativa e senso crítico, ou seja, se comporta como uma marionete reproduzindo informações e exercícios. O professor controla a classe sob recompensas e quando não é atendido aplica punições aos educandos.

Alguns exemplos aplicados no contexto da Tecnologia da Informação e Comunicação são citados por Leite (2015), como o uso de softwares de exercícios e prática, hipermídias e jogos digitais, todos voltados a estímulos e recompensas, conforme se acerta, passa de nível e é atribuída pontuação ao jogador.

3.2 COGNITIVISMO

Entre os principais estudiosos sobre a teoria do construtivismo estão Piaget (1896-1880); Vygotsky (1896-1934); Ausubel (1918-2008); Bruner (1915-2016) e Gardner (1943- ...), todos esses teóricos se dedicaram a estudar os processos mentais de percepção, processamento da informação, tomada de decisões e conhecimento.

As obras de Piaget são amplas, portanto, os estudos aqui descritos foram focados em seus principais conceitos que passaram pelos períodos de desenvolvimento mental, a assimilação, a acomodação e o equilíbrio. Segundo Moreira (1999), os períodos de desenvolvimento mental cognitivo são distinguidos por Piaget como sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto e operacional-formal, esses períodos são subdivididos em estágios e níveis.

Vygotsky (1896-1934), considerava o meio que o sujeito está inserido, condições de vida e interações sociais são apontadas para a ocorrência do desenvolvimento intelectual. De acordo com Leite (2015), algumas teorias de Piaget não eram aceitas por Vygotsky, pois ele acreditava que conforme a convivência social do indivíduo, seria estabelecido o desenvolvimento do raciocínio e assim, desenvolveu em sua teoria a zona de desenvolvimento proximal, a qual demonstrava o que era possível ser realizado por uma criança com a ajuda das pessoas de seu convívio, a

⁶ De acordo com, a definição do dicionário *online* DICIO, fenômeno, significa um fato que pode ser descrito e explicado cientificamente.

zona de desenvolvimento real que explicava como a criança conseguia realizar determinadas atividades sozinha e o nível de desenvolvimento potencial, o qual simbolizava o que a criança ainda vai realizar durante seu crescimento, ou seja, é o processo contínuo. Vygotsky também apresentou, a relação entre pensamento e linguagem em seus estudos e em suas teorias, ressaltando que os pais e professores tem papel fundamental como facilitadores do processo de aprendizagem da criança.

Na aprendizagem significativa, teoria proposta por Ausubel (1918-2008), e que está dentro do cognitivismo, pois, o seu foco primordial é a aprendizagem cognitiva, é caracterizada por três tipos gerais de aprendizado que são o cognitivo, afetivo e o psicomotor. O conceito subsunção, proposto nesta teoria é definido como existente no mecanismo cognitivo do indivíduo, logo quando ele capta uma nova informação, busca em sua estrutura cognitiva caracterizações ou suposições relevantes das quais já são preexistentes na memória intelectual, formando assim um significado para o novo conhecimento e constituindo, a aprendizagem significativa na qual a informação é interiorizada e entendida, deixando de existir apenas uma memorização mecânica e adquirindo significado (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem por descoberta está na teoria de Bruner (1915-2016), ou seja, para obter o aprendizado é explorada alternativas de ensino, assim, é destacado o currículo em espiral que aborda o ambiente de ensino, o conteúdo a ser ensinado as relações e falhas que devem ser preenchidas com o objetivo de considerar a aprendizagem relevante. O desenvolvimento intelectual é valioso na teoria de Bruner, pois, através do ensino os alunos se tornam partes ativas na construção do conhecimento e podem fazer descobertas relacionando conceitos e construindo seu aprendizado.

Ainda no cognitivismo, a teoria das inteligências múltiplas é defendida por Gardner (1995), em seu livro "Inteligências múltiplas a teoria na prática", onde destaca que as crianças são inteligentes, porém, com diferentes aptidões em determinadas áreas e essa inteligência pode ser observada, a partir desse conceito, surge o aperfeiçoamento através de estímulos e do ambiente ao qual fazem parte em coexistência com a afinidade de cada indivíduo. Ainda é ressaltada nesta teoria a necessidade de individualização da aprendizagem nas escolas devido a diferença do perfil cognitivo dos educandos (GARDNER, 1995).

Ao aplicar o cognitivismo voltado as novas tecnologias da informação e comunicação podemos destacar os jogos educativos, pois estes se utilizam de

imagens e generalidades, as quais podem ser assimiladas e ajudarem os alunos a partir de dicas para conclusão de fases e aplicada ao ensino da química pode se utilizar de programas construtores de moléculas os quais auxiliam o professor na formação de memórias e na construção da aprendizagem.

3.3 HUMANISMO

A teoria humanista não segue a mesma concepção do construtivismo e cognitivismo, pois está focada no crescimento pessoal do discente. Neste sentido Carl Rogers (1902-1987), um grande pesquisador nesta área, desenvolveu seus estudos em que foca na aprendizagem pelo ser humano em seu todo, transcendendo e articulando com um aprendizado voltado para o afeto, o cognitivismo e o sistema psicomotor. Na teoria do humanismo o indivíduo é autônomo ao estabelecer transformações em sua vida por meio de estruturas de “auto-regulação”, ou seja, o indivíduo é responsável por seu comportamento no processo de aprendizagem.

Neste âmbito, o professor é o facilitador da aquisição do conhecimento, e para que o aprendizado ocorra a transmissão do conteúdo deverá ser de forma verdadeira, autêntica, genuína saindo do papel do tradicionalismo⁷, o educador pode também envolver o aluno através de sentimentos e intelecto para que a instrução se torne significativa (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010). A aprendizagem humanizada, envolve fatores como as condições fisiológicas dos alunos, a segurança, o amor do lugar a qual pertence, a estima e assim este alcançará a autorrealização através do conhecimento.

Relacionando a teoria humanista as novas tecnologias da informação e comunicação podemos atribuir as atividades mediadas pelo professor perante ao computador, sendo o educador, o facilitador da aquisição do conhecimento através de estratégias que como exemplo pode ser uma simulação de algum fenômeno correlacionado com os conceitos que deseja ensinar.

⁷ Ao utilizarmos o termo “tradicionalismo” ou “ensino tradicional”, nos referenciamos em Saviani (1985, p. 18), que o define como uma “agência centrada no professor, o qual transmite, segundo uma gradação lógica, o acervo cultural aos alunos. A estes cabe assimilar os conhecimentos que lhes são transmitidos”.

3.4 CONSTRUCIONISMO

O construcionismo tem como foco principal a ideia de que o aprendiz é o construtor do próprio conhecimento, ou seja, o aluno ao adentrar uma sala de aula já possui pensamentos e memórias preexistentes o que o auxilia na elaboração de novas concepções, de acordo com a situação que se encontra.

Dentro do construcionismo podemos observar a imposição ao aluno com relação a construção de significados e interpretações pessoais, estes de acordo com a cultura com a qual convive, o professor deixa de ser o detentor do conhecimento e passa a ser um apoio ao transmitir informações e direcionar o estudante a uma construção pessoal do aprendizado e o ensino, assim como no humanismo, ocorre por mediação (AIRASIAN e WALSH, 1997).

Seymour Papert (1985), afirma que a construção do conhecimento é produtiva quando o indivíduo já está engajado na elaboração de algo externo. A construção do conhecimento através do computador torna-se parte do construcionismo, pois a máquina se torna atraente ao indivíduo sendo assim, seu objeto de interesse e desperta a vontade de adquirir experiências novas elevando o nível de aprendizagem. Segundo Leite (2015), a conjectura teórica ultrapassa a afirmação de que o indivíduo constrói o conhecimento e que essa construção acontece quando se encontra ligado na constituição de algo externo.

Neste sentido, o computador pode oferecer objetos e recursos auxiliares na aprendizagem não somente de linguagens de programação, mas sobre aspectos do cotidiano, da vivência e experiências que podem ser adquiridas através de pesquisas em páginas interativas ou não da web, como também através de aplicativos voltados para o ensino. Desta forma, o aprendizado acontece através da interação entre o material que é representado e a interpretação que é a base para a compreensão e então a evolução do conhecimento.

A diferença entre o construcionismo de Papert para o de Piaget é relatada por Leite (2015), onde correlacionamos o primeiro como o indivíduo sendo o construtor de algo e o aprendizado se desenvolvendo através do fazer ao “colocar a mão na massa”, já segundo, dispõe a motivação do aprendiz e a destaca, distinguindo que este, ao elaborar algo que desperte seu interesse será induzido ao aprendizado, pois se envolverá afetivamente e obterá uma aprendizagem significativa.

Referenciando as aplicações na educação tecnológica, podemos citar, o uso

do computador mediado pelo professor, o qual poderá estimular e criar um ambiente ao qual o aluno possa construir o conhecimento, pois é verificado que, a tecnologia da informação e comunicação através de softwares utilizados em sala de aula é um grande aliado da aprendizagem partindo do construtivismo.

3.5 CONECTIVISMO

O conectivismo ou aprendizagem em rede é considerada uma das teorias propostas em consonância com a era digital, alicerçando ou destacando a aprendizagem mediada pelo computador e acompanhando o curso das inovações tecnológicas provocadas pela forma do uso da internet e a compreensão do aluno diante as informações e inovações que o ambiente virtual proporciona em contribuição ao ensino (SANTOS, SANTOS E SANTANA, 2020).

O conceito de conectivismo é defendido por Siemens (2004), o qual frisa, que ao analisar as teorias existentes as quais avaliam como é construído o aprendizado, estas não condizem com as mudanças provocadas pela era digital e que a web com suas vastas funcionalidades oferece informações que envolvem as pessoas, entre os softwares e as redes de conectividade. Neste sentido, a aprendizagem deixa de ser individual e passa a ser compartilhada e acessada por indivíduos que buscam o conhecimento em variadas áreas ou em áreas de mesma concentração para formação de fontes de informação onde o conhecimento é ativado pela tecnologia.

Compreende-se que fazendo uso do conectivismo ao ensino, o professor deixa de ser o único provedor do conhecimento e passa a contar com a cooperação dos alunos para gerar ou organizar a forma de estudo e como esta deverá ser implementada no ambiente escolar. Segundo Leite (2015), os avanços tecnológicos provocaram mudanças em nossa vivência, que se configuram na forma de comunicação que usamos e nas maneiras de como aprendemos, destacando a aprendizagem informal, a qual ocorre a partir de redes pessoais, comunidades de prática e atividades relacionadas ao trabalho.

As redes sociais são exemplos de aplicação do conectivismo quando utilizadas para transmissão de informações relevantes e os games online podem ser considerados como ferramentas de ensino, como exemplo podemos citar uma problemática e a colaboração de uma conexão em rede, onde há a colaboração dos demais, que presentes nesta rede, podem tentar solucionar os problemas elaborados,

erros encontrados, isto em jogos como “The Wiki Game” o jogo da wikipédia ou páginas de informações na internet. De acordo com Leite (2015), em encadeamento com as TIC, os wikis são páginas abertas, onde pode-se criar, gerenciar e publicar conteúdos, logo é um instrumento colaborador na edificação do conhecimento.

3.6 TEORIA DA AÇÃO MEDIADA

Entre as novas tecnologias da informação e comunicação a teoria da ação mediada de James Wertsch, que embora pouco utilizada como aporte teórico em pesquisas no âmbito da educação em ciências e na ciência química, o autor é frequentemente citado em pesquisas que utilizam como aporte teórico Vygotsky e Bakhtin, quando referimos o termo sociocultural para o reconhecimento intelectual desses autores (GIORDAN, 2008).

Na teoria da ação mediada Wertsch, tem seu aporte teórico em Burke para análises do comportamento humano usando o foco em disciplinas e sugerindo as naturezas de perguntas, sendo essas ontológicas ou metodológicas, assim quando há um questionamento sobre o que e por que, se reporta ao ontológico, e quando é indagado sobre quem, como e quando, é remetido a questões metodológicas (GIORDAN, 2008).

A teoria de Vigotsky é delineada por Wertsch (1985, 1991), partindo dos temas gerais que se fazem presentes em suas obras, entre eles: “- a confiança no método genético ou evolutivo; - a afirmação de que funções mentais superiores no indivíduo derivam da vida social; - a afirmação que a ação humana, tanto no plano individual como no social, é mediada por instrumentos e signos”.

Assim, foi criado o modelo topológico de ensino, derivado da ação mediada e eficaz ao dar aporte ao cotidiano em sala de aula, pois foi apresentada a atividade, o conceito e o tema para a organização do espaço de ensino onde foi considerada algumas propriedades da ação mediada como a situação em termos do conjunto e a ininterrupção do que vai ser ensinado, o contexto histórico da aula, ou seja, esta pode ser organizada em funções do tempo e pode haver um tema central com começo meio e fim bem delimitados e uma narração fácil para atingir o propósito do ensino concluindo a aula, os materiais utilizados seja físicos ou lúdicos para despertar o pensamento e pôr fim a fala do professor que em sua apresentação mediará a forma como se desenvolverá as atividades e o conteúdo alvo do ensino (GIORDAN, 2008).

Segundo Wertsch (1991), a aproximação sociocultural tem como objetivo formar uma elucidação dos processos mentais humanos e que esses reconheçam a relação entre esses processos e o contexto cultural, histórico e institucional onde eles ocorrem. Deste modo, observamos que a teoria da ação mediada vai contra as práticas pedagógicas atuais, pois, a sala de aula passa a ser utilizada como um lugar onde as ideias são produzidas.

Essa teoria é indicada para o uso de computadores em sala de aula, pois o professor ao demonstrar um fenômeno, seja em aplicativos de simulação ou em páginas da web, mediará a aprendizagem do seu aluno, esclarecendo dúvidas e desenvolvendo a mente do discente, o qual pode passar a elaborar significado⁸, devido ao contato com outras formas de representação e exposição do conteúdo.

3.7 TEORIA DA CARGA COGNITIVA

A teoria da carga cognitiva foi elaborada por John Sweller (2003), e aborda a carga atribuída ao sistema cognitivo do indivíduo, que segundo o autor a definição dessa teoria aborda que em um sistema e ambiente de aprendizagem satisfatório em todo seu conjunto, pode proporcionar o aumento da capacidade da cognição humana.

Esta teoria é aplicada a todos os estudantes e equipamentos, que promovem a educação, no entanto, para que ocorra a aprendizagem a quantidade de informações ofertadas aos discentes deve ser proporcional com a capacidade da sua compreensão. Um dos conceitos desta teoria é que o ser humano não possui capacidade de armazenar inúmeras informações ao mesmo tempo e se isto ocorre, há uma sobrecarga no sistema cognitivo causando a perda da capacidade cognitiva do aluno em termos de aquisição do conhecimento (SWELLER, 2003).

De acordo com Mayer (2001), existem três tipos de carga cognitiva que são relevantes, sendo elas, a carga cognitiva intrínseca, a carga cognitiva natural (relevante) e a carga cognitiva externa ao conteúdo (irrelevante). A carga cognitiva natural é responsável pelo benefício da aprendizagem, e na irrelevante não há interferência, no entanto, há perda de recursos mentais que seriam aproveitados no auxílio da carga cognitiva natural.

⁸ Definição, segundo o dicionário DICIO, significado “é a relação de reconhecimento, de apreço; valor, importância, significação, significância”.

Diante da teoria da carga cognitiva, cabe ao professor entre os inúmeros recursos disponíveis escolher o que melhor se insere na realidade de seus alunos para que na utilização não cause a sobrecarga no sistema cognitivo e contribua de maneira eficaz na prática pedagógica.

Para o professor utilizar recursos tecnológicos no ensino, com base na teoria da carga cognitiva, é exigida uma análise detalhada para evitar excesso de informações que causem a sobrecarga em seus alunos, diante disso a aula deve ser planejada. Levamos em consideração, a teoria da carga cognitiva da aprendizagem multimídia, que tem como foco principal a construção de novos conhecimentos, partindo de uma representação mental coerente, de acordo com o conteúdo apresentado em forma de slides e softwares.

3.8 APRENDIZAGEM E APLICABILIDADE DE RECURSOS TECNOLÓGICOS

Com a tecnologia em foco, novos estudos e pesquisas sobre a forma como ocorre a aprendizagem são necessários, neste âmbito, surgem aspectos atuais para avaliar a ocorrência do processo de ensino e de aprendizagem do conteúdo quando possibilitado ao aluno por meio de mídias tecnológicas.

A geração digital, também conhecida como geração Z é composta por indivíduos nascidos após o ano de 1995, a partir deste período a tecnologia estava se destacando e houve a possibilidade do acesso a tecnologia digital a todos que possuíam condições financeiras para adquirir um computador, desta forma ocorria o acesso a aparatos tecnológicos para a população em geral , em especial nas escolas para o ensino, deste modo, a rede de internet passou a auxiliar na aprendizagem ampliando as habilidades, a capacidade de comunicação e da aprendizagem dos educandos (LUCENA, 2016).

Os nascidos a partir de 2010 já fazem parte da geração ALPHA, e assim o são devido a serem inseridos desde a tenra idade a tecnologia, pois convivem em ambientes cercados por aparelhos eletrônicos e isso os torna independentes, contestadores, aparentam mais inteligência, se configuram como indivíduos atentos e observadores (OLIVEIRA, 2019).

Para ensinar ciências, a partir da tecnologia com essas gerações, tanto a Z quanto a ALPHA, procuramos formas atuais de compreensão do formato como a aprendizagem é concebida com o uso das tecnologias digitais e buscamos entender

em estudos teóricos sobre novas teorias de aprendizagem, entre elas a teoria da flexibilidade cognitiva, *connected learning*, teoria da instrução ancorada, teoria da cognição situada entre o outras existentes, no entanto abordaremos somente as citadas neste parágrafo para esta pesquisa.

Começaremos pela teoria da flexibilidade cognitiva, que foi proposta por Rand Spiro na década de 80 e de acordo com Leite (2015), é uma teoria que ajuda na construção de conceitos complexos e pouco estruturados voltados para o ensino. Para o uso pedagógico, esta deve ser trabalhada em conjunto com a tecnologia e novas metodologias são requeridas para a sua aplicação. Nesta teoria, Spiro e colaboradores (1987), citam cinco características com relação aos domínios pouco estruturados, os definindo como sendo a falta de regras gerais e aplicáveis para um caso, as relações de hierarquia próprias para cada caso, a utilização de modelagem as quais reduzem os erros, o significado do conceito depende de outros conceitos e as características de cada caso é destacada pela influência mútua entre diversos conceitos.

Na aplicação da teoria com o uso das TIC Spiro et al. (1991), cita os sistemas de hipertexto e hipermídia. Já Marchionini (1988), esclareceu que a analogia entre hipertexto e hipermídia é quando se considera que hipertexto é um símbolo eletrônico do texto que se encaixa no acesso aleatório dos computadores para interromper a sequência unidimensional e estática gravada no papel, já a hipermídia é a representação e entrada não lineares aos vários aspectos de informações. Leite (2015), cita outras aplicabilidades da teoria da flexibilidade cognitiva, sendo elas, as ferramentas de web 2.0, ambientes pessoais de aprendizagem, ambientes virtuais de ensino e as redes sociais.

Outra teoria da era tecnológica é a da aprendizagem conectada ou *Connected Learning*, a qual está relacionada com a edificação de ambientes excepcionais de aprendizagem a partir de instâncias individuais e coletivas, assim o indivíduo poderá definir seu próprio espaço para adquirir conhecimento, ressaltamos que não é necessário estar online para estar em um ambiente de aprendizagem conectada (RODEGHIERO, 2016).

A *connected learning*, não depende de ambiente escolar para acontecer, pois são encontrados variados acessos e experiências de aprendizagem coletiva e isolada através das redes sociais, aplicativos online e remotos, dos quais possam ser acessados pelo discente dentro do seu interesse comum ou grupal.

Aplicada a tecnologia da informação e comunicação a aprendizagem conectada tem a função de tornar o conhecimento acessível, o aluno é o centro do processo no qual constrói o aprendizado, os conteúdos a serem ensinados devem ser mediados para que haja maior aproveitamento e melhor desempenho em relação à construção de conhecimentos e para que esse sistema ocorra é necessário possuir um computador, tablet, celular ou qualquer aparelho que tenha acesso a internet, seja a cabo ou wi-fi.

Já a teoria da instrução ancorada, foi desenvolvida pelo *Cognition & Technology Group at Vanderb Ill* (CTGV), sob liderança de John Bransford, assim, a aprendizagem ancorada faz correlação com a teoria da cognição situada e a aprendizagem autêntica, na instrução ancorada há relação com o aprendizado situado e a teoria da flexibilidade cognitiva (LEITE, 2015).

Essa teoria tem como objetivo superação de problemas, ou seja, ao iniciar o processo de aprendizagem com uma problemática a ser solucionada, esta é focada no aluno e dentro de um contexto e o estudante se ancora em arquivos, páginas da *web* e programas para solucionar os problemas. A aplicação na tecnologia da informação e comunicação se dá por plataformas da *web* e seus arquivos voltados para a aprendizagem e podemos utilizar as redes sociais com conteúdos voltados para o conhecimento a ser construído.

Em relação a teoria da cognição situada, Jean Lave é considerado como fundador, segundo Leite (2015), isto, após a publicação de *Cognition in Practice* (1988). Nesta teoria, os fundamentos importantes são as considerações do contexto e as influências mútuas como artefatos fundamentais na edificação do conhecimento, notamos que o processo de aprender está ligado a ação e a participação do discente que é de fundamental importância para que ocorra a aprendizagem.

Para explicar como acontece o processo de aprendizagem, Cescon (2016, p. 39), cita que “partindo de uma visão situada, se defende um ensino centrado em práticas educativas autênticas, as quais requerem ser coerentes, significativas e propositivas”. Assim, o processo de construção do conhecimento acontece no desenvolvimento de atividades que se tornam mais difíceis, as quais exigirão o uso da capacidade cognitiva para a solução de problemáticas centradas em um determinado contexto, e é levado em consideração a interação entre diferentes indivíduos.

As redes sociais podem ser utilizadas por educadores para que produzam

contextos sociais os quais subsidiam os alunos a trabalharem sua capacidade intelectual e social, pois são plataformas promissoras para que ocorra interação e a cooperação do educando, aprender a utilizar *softwares* também é um exemplo considerado no contexto da tecnologia digital da informação e comunicação.

Inúmeras teorias da aprendizagem são debatidas e estudadas principalmente quando tratamos da tecnologia, no entanto, neste tópico foi citada algumas, consideradas mais relevantes e que podem ser utilizadas para contribuir com a importância de inovação no setor de ensino e tornando o processo de aprendizagem atrativo e favorável para o discente.

Em seguimento, no próximo tópico, enfatizamos a teoria da dupla codificação (TDC) e sua fundamentação teórica, e o uso das imagens e animações para o ensino da isomeria óptica partindo das NTDICs, pois estes tópicos, contribuem com o interesse dessa pesquisa na apreciação posterior dos resultados obtidos através da aplicação de hologramas como recurso didático para o ensino da isomeria óptica.

4 AS IMAGENS NO ENSINO DA QUÍMICA

As imagens no ensino da Química podem ser utilizadas como recursos a serem utilizados pelo professor para possibilitar ao aluno a compreensão de conceitos complexos e considerados abstratos. Com relação à abstração, a ciência química é considerada de difícil compreensão, pois sua dimensão submicroscópica é toda baseada em modelagem e necessita que educadores e alunos imaginem propostas teóricas. Um exemplo seria a visualização e compreensão de estruturas espaciais, suas ligações e organização tridimensional.

Abstração é definida por Fernandes (2014), como oposto ao termo concreto, ou seja, algo que não faz parte da padronização articulada aos vínculos de memória, algo que necessita de imaginação e mentalização para que venha a existir e se tratando de conceitos voltados ao ensino, é algo que possui uma estrutura, padrão ou apreciação abstrata.

Sobre o ensino da Química podemos observar que os conteúdos da disciplina, ainda são expostos pelo docente da forma tradicional e posteriormente, memorizados e reproduzidos mecanicamente, não provocando na estrutura cognitiva do aluno qualquer associação. Desta forma, para o discente, a forma de construir o conhecimento tem se tornado maçante, o que resulta na desmotivação, no abandono da curiosidade e na desistência em se aprofundar nos conceitos da Química (SAVIANI, 1985). Santos et al. (2013), afirma que a Química é vista como pouco atrativa e uma ciência complicada e que ao ensinar ou aprender os conceitos presentes nesse componente curricular não são ressaltadas a sua importância e a relevância para o desenvolvimento de uma visão crítica de mundo.

Recursos tecnológicos, tanto online, quanto offline, pode amparar o docente em demonstrações com imagens reais ou lúdicas de conceitos específicos, despertando a curiosidade e o pensamento crítico e criativo do educando e ainda gerando motivação para pesquisar e se orientar pelo que está aprendendo na busca de novas fontes de conhecimento para resolver questões e problemas.

Partindo desta perspectiva, a Teoria da Dupla Codificação (TDC) de Allan Paivio (2014), vem ao encontro dessa proposta, por explicar como ocorre o processamento de imagens e palavras pelo cérebro e as suas possíveis relações com a aprendizagem significativa. Ou seja, como ocorre a aquisição do conhecimento e como ele se desenvolve no sistema cognitivo do aluno, para posteriormente ser

assimilado e recuperado na memória de trabalho⁹, podendo ser correlacionado com noções conceituais e sociais. Para entender mais sobre a TDC, vamos abordar alguns conceitos principais que explicam a aprendizagem com o uso das *logogens* e *imagens*¹⁰. Os termos *logogens* e *imagens* serão esclarecidos no próximo tópico.

4.1 TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO

Para compreendermos a importância das imagens no ensino da Química, selecionamos uma teoria, a qual, explica como a aprendizagem acontece a partir do uso de *imagens* e *logogens* e dentre as atuais teorias de aprendizagem, a Teoria da Dupla Codificação de Allan Paivio, tem se destacado. Segundo Frederico (2016), são escassos os trabalhos com utilização dessa teoria na língua portuguesa, sendo que a maioria se encontra na linguagem de origem do autor que, é o inglês e neste idioma é possível encontrar diversos arquivos e trabalhos utilizando a TDC.

Para o ensino da Química no Brasil, as ocorrências da TDC no ano de 2021, quando buscadas em sites de pesquisas específicos como o *Google Acadêmico*, *Scielo*, *Lume*, *ERIC* e Portal de Periódicos da *Capes*, por artigos acadêmicos, fazendo o uso de operador *booleano* “*and*” entre palavras chaves de interesse como por exemplo “Teoria da Dupla Codificação *and* ensino da química”, “Teoria da Dupla Codificação *and* química”, “Teoria da Dupla Codificação *and* isomeria óptica”, os resultados de artigos que contenham esses termos são escassos, e nos poucos artigos e trabalhos encontrados não observamos apontamentos de estudos que visam observar como o aluno aprende a partir da Teoria da Dupla Codificação, somente é destacado que, ao utilizar imagens, esta teoria pode amparar as pesquisas que as envolvam.

Notando, a escassez da aplicação da TDC ao ensino da química com a utilização de imagens para alicerçar a compreensão dos conceitos, buscamos esclarecer alguns pontos importantes que validam essa teoria e a potencializa para estudos de como os alunos aprendem através de imagens e narrações, imagens e

⁹ Ao mencionarmos memória de trabalho nos reportamos em Izquierdo (2014, p. 28), o qual descreve variadas classificações das memórias, sendo a memória explícita e implícita classificadas pela forma de aquisição e a memória de trabalho, memória de curta e de longa duração classificadas pelo tempo que são armazenadas. Desta forma a memória de trabalho é responsável por estabelecer ligações das informações alcançadas pelas vias sensoriais e a informação armazenada na memória de longo prazo.

¹⁰ O termo *imagen* e *imagens* serão utilizados em itálico para diferenciação dos termos na língua portuguesa que são *imagen* e *imagens*.

palavras e como estas se relacionam e organizam no cérebro humano.

Começamos explicando os termos *logogens* e *imagens* utilizados por Paivio em sua teoria, estes indicam palavras e imagens. Neste sentido, *logogen*, ao qual o prefixo “logo” que vem do grego e significa discurso e o prefixo “gen” significa aquilo que gera, na TDC é relacionada à elementos auditivos, visuais, motores e táteis que podem ser acionados através da linguagem (PAIVIO, 1971). Em consonância, Frederico (2016, p. 59), esclarece que “o termo *logogen* levanta a questão do sentido”, questões estas onde o significado é contextual, ou seja, um determinado conceito pode ser ativado mentalmente partindo de correlações distintas, estímulos externos, e internamente por outras representações mentais.

Para o termo *imagen*, se dirige a percepção da memória em relação ao visual, como por exemplo, a observação de objetos, a imagem visual é diferente da auditiva e de acordo com Frederico (2016), imagens mentais expõe representações sensório-motoras e podem ser ativadas previamente ou internamente por outras representações a qual é nomeada na TDC como estímulos externos.

Neste âmbito, a Teoria da Dupla Codificação (TDC) proposta por Allan Paivio em 1971, tem como objetivo a melhoria do sistema e desempenho cognitivo e explica os efeitos influentes de imagens mentais no pensamento e na memória, ou seja, a aprendizagem pode ser realizada a partir de materiais onde ocorram as associações verbais e imagens visuais, e ainda com a conciliação de ambos os sistemas. Segundo Paivio (1971), há três diferentes níveis de processamento cognitivo que ocorrem no indivíduo dentro do sistema verbal, e o sistema não verbal, ou imagético, que é o processamento representacional, referencial e associativo o qual descreveremos a seguir.

O processamento representacional ocorre quando há a ativação de uma reprodução verbal ou visual que pode ser ativado por uma palavra ou uma imagem, assim, ao mencionar uma palavra é ativada a representação verbal que remeterá a uma imagem ativando uma representação visual simultaneamente. Os estímulos podem ocasionar a ativação direta de *imagens* e *logogens* (PAIVIO, 2014).

Já o processamento referencial ocorre quando há o acionamento de um dos sistemas por outro, deste modo, ao visualizar uma imagem ou qualquer objeto podemos realizar a associação com uma palavra, do mesmo modo que ao ouvir ou visualizar uma palavra podemos associar a uma imagem ou objeto. Desta forma, a associação entre imagens de objetos com palavras nos permite nomeá-los, formando

um processo referencial onde ocorre um amplo desenvolvimento de propriedades sobre a linguagem, a educação, a tecnologia e o pensamento criativo (PAIVIO, 2014).

No processamento associativo é indicada as ativações de informações suplementares que estão relacionadas entre *logogens* e *imagens*, assim, são ativadas as conexões entre o sistema verbal e o sistema visual, um exemplo que podemos citar é quando há associação de uma palavra a uma imagem e vice-versa (PAIVIO, 2014).

Portanto, segundo a TDC o canal verbal pode ser adequado para promover determinados conceitos, enquanto o canal imagético pode ser mais adequado para outros teores, como a associação dos conceitos com a visualização, e a junção dos dois canais é capaz de potencializar a capacidade das transferências verbais e visuais, facilitando possivelmente a recuperação de informações na memória de longa duração e quanto mais informações o educando adquirir, maior será o seu conhecimento e assim, haverá facilidade na recuperação de uma imagem ou um conceito em sua memória.

4.2 IMAGENS E A TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA

Para entendermos sobre o uso das imagens a partir da TDC, notamos primeiramente que essa teoria nos oferece uma explicação plausível para a análise da aprendizagem mediada por imagens acompanhadas de narrações, portanto, para uma pesquisa no ensino da Química com o uso das imagens e palavras, procuramos aporte nos estudos e no tratamento de dados de Allan Paivio (1971).

Neste sentido, Sadoski e Paivio (2001), esclarecem que há o estabelecimento das ligações referenciais com informações mentais precisas, sejam elas, em forma de palavras (*logogens*) e imagens mentais relevantes, que serão utilizadas para a compreensão e ativação da lembrança. Assim, tendo em vista a abstração em determinados conceitos da química, a Teoria da Dupla Codificação pode colaborar com a aprendizagem pelo estabelecimento de ligações referenciais, ativando a memória do aluno e este podendo resgatar imagens ou palavras gravadas em seu cérebro durante a abordagem de um conceito.

Quando abordamos a abstração no ensino da Química, que é um componente curricular que faz parte das ciências da natureza e suas tecnologias, nos atentamos para o lado empírico desta ciência, e no ensino dos conceitos nos deparamos com suas formas abstratas dificultando a abordagem do conteúdo e o entendimento dos

alunos, neste sentido é necessário que professores e alunos imaginem situações práticas para demonstrações que podem facilitar a compreensão do discente, e segundo Brown, Lemay e Bursten (2005), entre os conceitos abstratos estão as teorias atômicas, visualização de estruturas e conceitos microscópicos.

A utilização de imagens no ensino da Química é uma aliada na promoção desses conceitos que possuem abstração, pois segundo Santaella (2012), dentro do campo visual as imagens apresentam três domínios, o primeiro é domínio das imagens mentais, imaginadas e fantasiosas, o segundo é o domínio das imagens inteiramente percebíveis e o terceiro é o domínio das imagens como representações visuais.

No livro *“Imagem e texto: A teoria da dupla codificação na leitura e escrita”* Sadoski e Paivio (2001), por meio de um quadro, demonstram a relação ortogonal entre os códigos mentais de sentido conforme a TDC, exemplificando neste diagrama os tipos de representações específicas e da modalidade em cada subsistema, conforme demonstrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Modalidades de Teorização na Teoria da Dupla Codificação.

Códigos Mentais		
Modalidade de sentido	Verbal	Não verbal
Visual	Linguagem visual escrita	Objetos visuais
Auditivo	Linguagem auditiva (fala)	Sons ambientes
Táteis	Braile, caligrafia	Sentindo objetos
Gustatório	-----	Memórias de sabores
Olfatório	-----	Memórias de cheiro

Fonte – Paivio (1971, tradução e adaptação do autor, 2021).

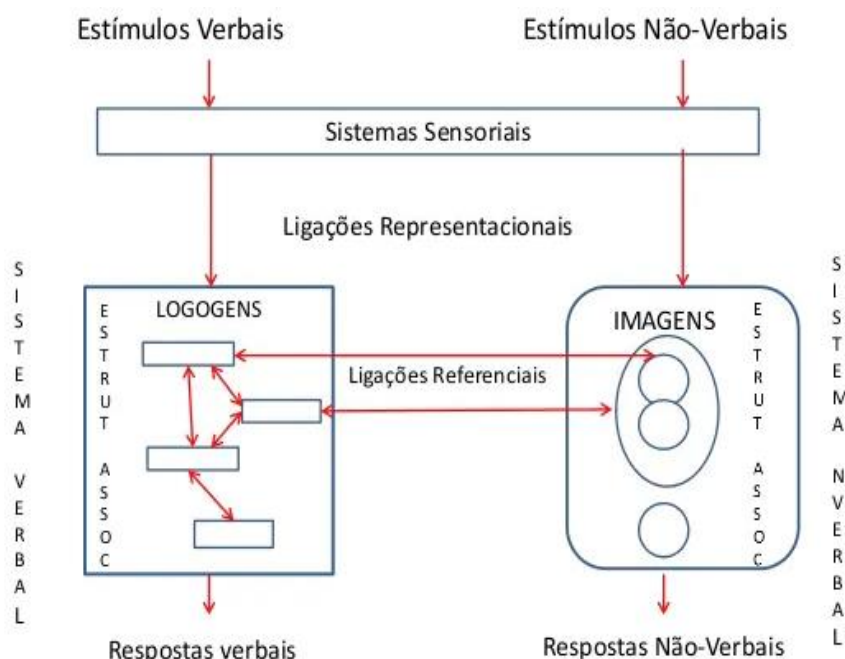
Ao observar o quadro, notamos que, uma modalidade de sentido pode causar interferência em outra se não aplicada com cuidado, por exemplo, uma leitura que seria uma tarefa visual pode ser interrompida por imagens de figuras, se as imagens forem mostradas ao leitor no mesmo espaço de tempo em que está realizando a leitura. No entanto, é possível executar uma tarefa auditiva e realizar um movimento ao mesmo tempo sem causar interferência ou interrupção nos sentidos, um exemplo é ao realizar uma caminhada ouvindo música. Desta forma, uma narração explicativa

sobre uma imagem reproduzida pode ser produtiva, isto, quando não houver interferência de conversas simultâneas, por exemplo, quando se assiste um filme a atenção é voltada para o que está acontecendo na cena e é direcionada pela fala dos atores, o que direciona o entendimento do expectador.

Sadoski e Paivio (2001), ainda abordam que, as palavras quando faladas, ativam o sistema auditivo e são armazenadas na memória de forma semelhante as imagens e na Teoria da Dupla Codificação, as palavras (*logogens*) são codificadas como concretas, tanto na modalidade auditiva quanto na articulatório-motora. A TDC ainda determina o processamento de palavras e imagens e como estas se diferem de acordo com as experiências que as originaram, e as organizações em unidades são hierárquicas e podem consistir em componentes menores dentro de outros maiores, no entanto, essa hierarquia pode ser qualitativamente diferente no processamento cerebral.

Para uma compreensão do funcionamento do sistema verbal e imagético na Teoria da Dupla Codificação, Paivio (1971), apresenta um modelo geral, onde é demonstrado os sistemas verbais e não verbais e inclui unidades de representação juntamente com o referencial, entre o sistema e dentro do sistema, através de suas interconexões associativas e partindo das conexões de entrada e sistemas de saída conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo geral da Teoria da Dupla Codificação.



Fonte: Paivio (1986 *apud* Miranda, Monteiro (2013)).

Neste modelo é demonstrado os três níveis de processamento que são o representacional, o referencial e o associativo e podemos observar as organizações de entrada e saída dos sistemas e os processos de ligações representacionais e referenciais, assim, no topo do modelo é observada a indicação dos estímulos verbais e não verbais, os quais o nosso sistema sensorial pode detectar. Nas conexões representacionais podemos observar que há a detecção sensorial dos sistemas que podem ser ativadas a partir de palavras ou imagens, as quais indicam qual dos sistemas irá processar a informação, logo é ativado diretamente o processamento interno, sendo que no sistema verbal é representado por uma série de palavras e no sistema não verbal por uma série de imagens, ambos sistemas são organizados hierarquicamente e se relacionam (SADOSKI e PAIVIO, 2001).

O processamento referencial acontece devido a atividade entre os sistemas, deste modo, são criadas conexões entre palavras e imagens. As atividades dentro de um dos sistemas seja, de palavras e palavras, ou imagens e imagens é ativada por conexões associativas e é denominada de processamento associativo (SADOSKI e PAIVIO, 2001). Portanto, os sistemas podem operar separadamente ou conectados produzindo respostas verbais ou não verbais.

As estruturas associativas são as que mais se adequam ao ensino da Química devido as conexões e as estruturas que formam dentro do sistema cognitivo, assim, quando uma palavra é dita pode ocorrer a associação com a imagem e quando uma imagem é visualizada pode ocorrer associação com a palavra. Segundo Sadoski e Paivio (2001), a associação pode depender da abordagem e do contexto ao qual o indivíduo se encontra inserido e para que ela seja efetivada é investigado os conhecimentos prévios que possui. Para que o processamento associativo seja realizado conforme o esperado é exigida uma preparação do sistema verbal direcionando ao sistema imagético, assim, quando visualizada uma imagem o estudante pode ativar seu fluxo imaginativo e resgatar em sua memória eventos isolados ou conjuntos, em associações lógicas ou incomuns.

Segundo Sadoski e Paivio (2001), estruturas representacionais e associativas conduzem a aprendizagem associativa e quando utilizada a narração simultaneamente com a apresentação de imagens resulta em estruturas integradas e com maior probabilidade de conexões entre as representações, sejam elas referenciais ou associativas, assim quando uma palavra for falada, escrita ou realizada

a leitura o sistema imagético será ativado e a associação será realizada integrada ou associada ao que foi apresentado, seja no cotidiano ou em um ambiente escolar.

Para a Química o uso de imagens colabora com a explicação dos conteúdos e ao demonstrar uma imagem acompanhada de uma narração ou escrita pode facilitar as associações dos alunos ativando sua memória de longa duração e despertando seu intelecto, uma única palavra pode ativar a recuperação de grandes quantidades de informação. As imagens servem como um gatilho mental proporcionando a recuperação de informações sobre elas, até então armazenadas na memória de longo prazo.

Ao ensinar utilizando as imagens não devemos nos prender somente ao livro didático, através da criatividade o uso dos recursos das tecnologias digitais da informação e comunicação como instrumento para uma visualização melhor e mais realista colaboram na ativação do campo sensorial visual, assim, o conjunto de ações adotados se bem estruturados podem colaborar de maneira eficiente com os processos educativos.

4.3 TECNOLOGIAS DIGITAIS, IMAGENS E ANIMAÇÕES

Em vista dos avanços tecnológicos, as políticas escolares passam por uma reestruturação e assim, o uso eficiente das tecnologias digitais da informação e comunicação se torna assunto frequente entre os educadores, pois para implementação e aplicação da informatização aos mais variados conteúdos obrigatórios no ensino é exigido o domínio das novas tecnologias e dos objetos de ensino.

Deste modo, o uso de imagens e animações com o aporte de programas computacionais, *softwares online* e *offline* pode colaborar com o ensino mediado por tecnologia gerando melhorias nas habilidades cognitivas, maior interação aluno-professor e professor-aluno, aumentando o compartilhamento de saberes e possibilitando a ampliação do domínio do conteúdo.

Quando falamos de imagens podemos nos referir a Paulo Freire (1986), que retrata a leitura do mundo antecedendo a leitura das palavras, e em complemento afirma que para um texto ser compreendido através de uma leitura crítica, devemos possuir o conhecimento entre o texto e o contexto.

Além dos livros didáticos as imagens estão presentes nas mais variadas

mídias, seja impressa, televisiva ou digital, podendo ser visualizadas também nos livros, revistas físicas e aparelho de mídia digital. Assim Nova (2003, p. 190) cita que:

“[...] a imagem passa a se constituir no paradigma mais significativo para o desenvolvimento do conhecimento nesse século, funcionando não apenas como instrumento para construção de novos conhecimentos, mas como elemento estruturante desse processo de criação de um novo logos, acelerado pela automação digital”.

Deste modo, podemos associar o termo *imagen* atribuído por Paivio (1971), quando nos referimos as unidades representacionais, pois a partir do *logos* é originada a forma consciente das imagens, produzindo as associações, assim, as imagens passam a fazer parte da memória sendo reconhecidas de acordo com percepções, contexto e em todo processamento cognitivo quando mencionamos objetos não verbais (FREDERICO, 2016). Desta forma, assinalamos diferentes tipos de imagens, sendo o *imagen* visual, auditivo, tátil e motor, onde o visual é descrito como aquilo que pode ser visto, o auditivo é representado por sons ambientes, o tátil é utilizado na identificação de objetos e as imagens motoras são identificadas por gestos.

As imagens se tornaram um meio de comunicação sensório-motora do campo visual sendo facilitadora da comunicação ao transmitir uma mensagem e ao se receber esta mensagem, tornou-se alvo de interpretação de uma ou um conjunto de informações emitidas. E quando aplicado na educação o professor pode atribuir um critério para seu uso e ter metas definidas de como as utilizar, alcançando o objetivo desejado no ensino.

Já a animação, é definida por Magalhães (2015, p. 10), como uma palavra que vem do grego, e “tanto podia significar “alma” como “movimento”, ou ainda, “vento” e é como a arte de criar movimentos através de ilusão de óptica, além de significar alegria, disposição e energia”. Neste âmbito, simples imagens podem ser animadas criando uma ilusão de óptica e formando novas concepções sobre o que é visualizado, partindo da ludicidade podemos fazer comparações com a realidade, despertando a curiosidade do educando e aguçando a capacidade de percepção e compreensão através do uso de imagens animadas. Por conseguinte, Giordan (2008, p. 6), cita que:

“São basicamente três formas de transposição do fenômeno: a reprodução em tela do fenômeno filmado, a animação obtida pela sequência de ilustrações e a simulação por meio da combinação de um conjunto de variáveis de modo a reproduzir as leis que interpretam o fenômeno”.

Em suma, Giordan (2008) ao detalhar as três formas de transposição do fenômeno com relação as imagens animadas confirmam os estudos de Levy (1999), pois este considera que o professor ao utilizar animação em suas aulas, não substitui a experiência real, mas colabora com a exemplificação do fenômeno e contribui com um estudo amplo dos conceitos, os quais permite formulações e especulações rápidas por parte dos alunos no estabelecimento do conhecimento.

Sobre o uso de tecnologia da informação e comunicação, Cachapuz *et al.* (2005), aponta algumas vantagens no uso do computador para alcançarmos modelagens de processamento de informação, pois através de aplicações planejadas e direcionadas o imaginário é despertado, como também o interesse, e auxilia na compreensão e na organização do conhecimento na memória de longa duração, ativando as lembranças sempre que houver um estímulo.

Em meio ao cenário atual, com o uso das tecnologias digitais da informação e comunicação, inúmeros são os recursos educacionais aprimorados por *softwares* e programas computacionais. Dentre *softwares* para o ensino da química encontramos *online*, os que permitem a criação de modelagem e animação em 3D de moléculas orgânicas. No entanto, a escolha adequada de um *software* de animação 3D pode proporcionar uma integração das representações de conceitos químicos e assim, atrair a atenção do aluno e facilitar a compreensão dos conceitos (MARSON e TORRES, 2011).

As animações para o ensino da química podem ser criadas de forma que permitam a visualização de conceitos abstratos e quando desenvolvidas para um conteúdo específico devem proporcionar a compreensão e apropriação destes aos alunos (BURKE *et al.*, 1998). Neste âmbito, imagens em 3D animadas podem colaborar com a explicação e exemplificação do professor e auxiliar na aprendizagem do aluno, tendo em vista uma conexão ágil e frente as dificuldades de visualização espacial no ensino da isomeria óptica, as imagens animadas se apresentam como potenciais, colaborando no aprendizado dos principais conceitos deste tema.

4.4 ISOMERIA ÓPTICA E O ENSINO

Muitas transformações ocorreram ao longo do tempo no ensino da Química e atualmente ainda ocorrem discussões sobre os conteúdos curriculares e o papel da

ciência na sociedade, assim como táticas e estratégias didáticas. Propostas são adaptadas para que os conceitos teóricos, para além de uma aprendizagem significativa, envolvam o contexto em que o aluno está inserido, investigue conhecimentos prévios, e o cative durante a aula com diferentes cenários da ciência, tecnologia e sociedade (CTS)¹¹, que possam ser explicados a partir das diversas área das ciências.

Diante das estruturas curriculares não se pode negar as contribuições da tecnologia para o ensino, a qual evolui rapidamente e assim, o ensino passa a ser focado em um contexto CTS, buscando originar compreensões de natureza social, política e econômica as quais repercutem nas modificações da sociedade e são focadas na ética, meio ambiente e cultura e entre outros aspectos, consideram problemas reais que possam guiar o aluno na construção do conhecimento científico.

A BNCC (2018), aponta o formato de ensino que busca a atualização dos processos de transposição didática dos conceitos de acordo com as evoluções, devido a isto, em suas competências e habilidades, expõe que, o ato de ensinar deve despertar a curiosidade intelectual, ou seja, o enfoque na educação em ciências necessita de inclusões como o ensino por investigação, a formulação e resolução de problemas com bases tecnológicas, deste modo abordando diferentes áreas de conhecimento. O enfoque nas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), também é apresentado nos textos da BNCC (2018, p. 9), sendo que está cita as competências gerais da educação básica no percurso educacional, formando cidadãos que devam:

“Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer o protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva”

Neste sentido, abordamos o estudo da isomeria óptica, devido estar presente no organismo humano através dos aminoácidos que são moléculas quirais, além de fármacos, alimentos, fragrâncias que em sua maioria são utilizados por toda população em algum momento da vida, no entanto, poucos sabem da estereoquímica

¹¹ Para maiores esclarecimentos sobre o ensino na perspectiva ciência, tecnologia e sociedade (CTS), consultar Acevedo, Vazquez e Manassero (2003) e para uma exemplificação da aplicação ao ensino consultar Nardi e Castiblanco (2014).

e qual a seção da química orgânica trata deste assunto (MORRISON e BOYD, 2005). A isomeria óptica, no ano de 2022, foi noticiada nas mídias, devido ao prêmio *Nobel* de química contemplar a organocatálise assimétrica, onde demonstraram que “pequenas moléculas orgânicas quirais, um aminoácido e um derivado de aminoácido, eram capazes de catalisar duas importantes transformações em Síntese Orgânica com alta indução assimétrica” (FINELLI e AMARANTE, 2021).

Nos atentamos para a relevância do ensino da isomeria óptica e notamos que inúmeros desafios ainda são apresentados no ensino deste conteúdo, pois, as estruturas para serem visualizadas e compreendidas necessitam da exposição em nível tridimensional indicando que as moléculas têm altura, profundidade e largura, além de exemplificações precisas e contextualizadas para identificação aprofundada dos conceitos e aspectos indispensáveis para a compreensão das substâncias opticamente ativas.

Em consonância, Morrison e Boyd (2005), definem isômeros ópticos como aqueles que apresentam atividade óptica e possuem centros quirais ou assimétricos, sendo que a atividade óptica é a capacidade de desviar o plano de luz polarizada que é medido por um polarímetro. Então, se uma molécula possui um centro quiral, ela pode ter a capacidade de desviar o plano de luz para a direita no sentido horário e para a esquerda no sentido anti-horário, sendo que a conformação a direita é denominada como dextrorrotatória (D) e adota o sinal (+), e a conformação a esquerda é levorrotatória (L) e adota o sinal de (-). Se a substância não gira o plano de luz polarizada é chamada de opticamente inativa (aquiral).

De acordo com Solomons (2001), misturas que contém a mesma quantidade de enantiômeros (50:50) são denominadas de misturas racêmicas (ou racematos), estes são opticamente inativos, assim, quando um enantiômero desvia o plano de luz para um lado, o outro desvia na mesma proporção em direção oposta anulando a atividade óptica do outro. O carbono é considerado quiral quando não pode ser sobreposto a sua imagem especular, podendo ser comparado as representações de nossas mãos, a presença da quiralidade é uma característica importante a ser observada na produção de fármacos.

Devido a importância dos fármacos e a pandemia do coronavírus (covid-19), optamos por abordar a quiralidade nos medicamentos utilizados no tratamento para prevenção ou cura do vírus, visto que, estes foram alvo de discussões na mídia e atualmente são citados em pesquisas da indústria farmacêutica. No entanto, nas

mídias não abordam a esterequímica dos medicamentos que são comercializados em termos dos seus enantiômeros ou misturas racêmicas e a importância desses aspectos na eficácia do fármaco, pois dentre os estereoisômeros, um apresenta efeito terapêutico ou biológico enquanto o outro apresenta as reações adversas, sendo que a mistura racêmica apresenta parcial ou total cerceamento dos efeitos colaterais (LIMA *et al.*, 2001).

Para uma ampla compreensão utilizamos um exemplo clássico que é retratado nos livros didáticos, a talidomida, que ao ser comercializada em meados de 1950 a 1960, foi responsável por anomalias geradas em recém-nascidos, pois era consumida por gestantes com o intuito de causar ações sedativas e antieméticos, no entanto, causou efeito teratogênico aumentando o nascimento de bebês com má formações e ausência de membros (SOLOMONS, 2018).

Assim, foram despertados os estudos farmacêuticos a procura de enantiômeros puros, apesar da desvantagem em relação aos custos comparados com a comercialização da mistura racêmica, surgiram pesquisas sobre tecnologias para evitar ou minimizar os efeitos colaterais dos medicamentos que contêm moléculas quirais.

Devido aos fármacos estarem presentes no cotidiano do ser humano, principalmente administrados em infecções de garganta e urina, e para uma preparação do educando na compreensão da composição dos medicamentos utilizados na sociedade, é importante ensinar a isomeria óptica apropriadamente, porém, estratégias de ensino são requeridas e ao utilizarmos as NTDICs que têm capacidade de gerar a partir de aplicativos representações em 3D podemos facilitar a compreensão da teoria e das representações das fórmulas estruturais.

Em relação as estratégias de ensino para isomeria óptica que podem ser utilizadas, os recursos digitais por meio de *softwares* de desenhos de moléculas são simples e fáceis de serem aplicados e entre os mais comuns encontramos o “*Chemsketch*”, “*MolView*”, “*Peth Colorado*”, “*Avogadro*”, estes na versão em português e outros em demais versões podendo ser traduzidos. Porém, para que o uso de *softwares* seja eficaz no ensino, o professor deve estar preparado para sua utilização e dominar os recursos oferecidos pelos aplicativos, além dos conceitos a serem ensinados ao estudante, portanto é exigida uma familiarização com os recursos tecnológicos para que a utilização destes, não seja somente uma mera distração, mas sim, uma ferramenta satisfatória no processo de aprendizagem.

Outras táticas utilizadas para o ensino da isomeria óptica são modelos moleculares que podem ser construídos em sala de aula, aulas práticas e/ou experimentais, ensino por investigação, ensino por problematização, no entanto, ainda existe uma dificuldade de visualização das moléculas e suas configurações espaciais. Neste âmbito, o ensino dos conceitos tem prevalecido e o foco é somente na memorização das principais concepções do conteúdo, como carbono quiral, mistura racêmica e enantiômeros, focados principalmente na teoria.

Geralmente, os alunos têm dificuldade ao se depararem com uma conceituação, principalmente quando não atribuem significado ao conceito ensinado. Além disso, buscam pela utilidade do que está aprendendo e acabam guardando na memória somente o que será utilizado em avaliações e testes. No caso da isomeria óptica é difícil confrontar o aluno com uma realidade passível de observação devido à operação deste tema possuir representações que carregam abstrações. Neste sentido, o uso das tecnologias digitais pode criar ambientes para reformulações de modelos e revolucionar os processos metodológicos facilitando a demonstração do conteúdo pelo professor e clarificando a visualização do aluno (CHASSOT, 1993; ARROIO et al., 2006; GIORDAN, 2008; LEITE, 2015).

A estratégia de ensino para o conteúdo de isomeria óptica é um fator que nos remete a reflexões, pois este tema deve abordar o contexto social e a vivência do aluno. São exigidos conhecimentos prévios da química orgânica e ainda possibilita espaços na sociedade ao oportunizar novos conhecimentos e interpretações quando confrontado com questões socio científicas articuladas a essa temática.

5 REFERENCIAIS METODOLÓGICOS

Para a análise dos dados desta pesquisa utilizamos além do referencial bibliográfico apresentado nos tópicos anteriores, referenciais metodológicos como a Análise Textual Discursiva, a Taxonomia Revisada de Bloom e a Taxonomia Digital de Bloom, as quais auxiliaram na investigação e nos conduziu ao estudo dos resultados contribuindo na organização dos dados. Portanto, para uma melhor compreensão das análises e interpretação dos dados, consideramos interessante compreendermos as teorias que nos levaram a estudos específicos.

Desse modo, neste tópico é demonstrado aspectos da análise textual discursiva, pois a utilizamos para a desmontagem dos textos, o estabelecimento de relações e a captação do novo emergente para a formação de um meta-texto auto-organizado. Quanto a taxonomia revisada e digital de Bloom, ela já possui categorias estabelecidas e passou por mudanças ao longo dos anos, assim foi analisado os aspectos dessa teoria e a partir dela foi possível estabelecer novas descrições e adaptá-las de acordo com o que era esperado dessa pesquisa.

Portanto, iniciamos esse tópico com a análise textual discursiva seguida da taxonomia revisada de Bloom e finalizando com a taxonomia digital de Bloom.

5.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA

A análise textual discursiva, traz em seu significado um estudo completo das produções realizadas por depoentes em uma pesquisa qualitativa, a partir dela, é possível interpretamos todas as partes dessas produções, e assim, obtermos compreensões aprofundadas que serão comunicadas posteriormente em um metatexto. Desta forma, ao analisar uma produção de texto, parágrafo e até mesmo uma breve resposta a um questionamento de pesquisa, nos é possibilitada a realização da divisão das informações em partes, nas quais adentramos no pensamento do pesquisado, ao qual originou a escrita e buscamos compreender a mensagem que nos é transmitida por ele.

Em conseguinte, Moraes e Galiazzi (2011), afirmam que as metodologias que trabalham com textos podem incluir desde análise do discurso até a análise de conteúdo, distanciando-se uma da outra dentro de um variado conjunto de metodologias. Portanto, as pesquisas de caráter qualitativo exigem uma análise

rigorosa e criteriosa das informações coletadas, em que é intencionada a compreensão e a reconstrução de conhecimentos existentes dentro do âmbito do que se investiga.

Ao abordar a análise textual discursiva (MORAES e GALIAZZI, 2011), notamos quatro argumentos para uma composição de um estudo, esses se apresentam na desmontagem dos textos, o qual o autor também denomina como processo de unitarização. Posteriormente são estabelecidas as relações ou categorização, surgindo a captação do novo emergente ou a compreensão renovada do todo e, ao finalizar surge o processo auto-organizado em que emergem as novas compreensões e são produzidos os resultados em forma de meta-texto, que originalmente não são previstos em uma leitura superficial.

Para o início da análise, é realizada a desconstrução e unitarização dos textos os quais denominamos de “*corpus*”, neste passo é exigida a dedicação aprofundada na leitura dos dados a serem analisados, o que possibilita o emergir de novas compreensões sobre o que está sendo investigado (MORAES e GALIAZZI, 2011). Nesta primeira etapa, conseguimos identificar os significados e os significantes e para isso, uma leitura interpretativa auxilia o pesquisador a identificar o propósito do autor produzindo significantes que aliados a referenciais teóricos, como a Teoria da Dupla Codificação e as NTDICs, auxiliam na construção de um conjunto de textos os quais devem possuir sentido e significados.

No período de unitarização é iniciada a leitura dos textos, alavancando as ideias e teorias que possam fazer ligação com o que foi dito e devem ser anotadas. Neste passo, exercitamos a leitura a partir do ponto de vista do futuro leitor, almejando uma multiplicidade de significados que de acordo com Moraes e Galiuzzi (2011, p. 15), “A multiplicidade de significados que é possível construir a partir de um mesmo conjunto de significantes tem sua origem nos diferentes pressupostos teóricos que cada autor adota em suas leituras”, desta forma, as teorias presentes nas etapas de análise e o conhecimento destas, podem facilitar o processo de unitarização, no entanto, o pesquisador pode construir novas interpretações de acordo com o material analisado, desde que não haja teorias já existentes que o ampare durante o processo

Sobre a desconstrução e construção dos textos produzidos nos questionários, Marques (2006, p. 99) afirma que, quando esse processo é realizado:

O problema se encontra definido da maneira mais simples, no equilíbrio do

todo e das partes, naquilo que lhe é essencial: a consistência e a coerência internas. Trata-se agora de trabalhá-lo por partes, internamente, de recheá-lo com a consciência de que mexer nas partes é mexer no todo. Muita coisa se há de modificar, mesmo tudo, senão não seria uma pesquisa.

Em vista disso, passa-se para a etapa de delimitação do “*corpus*” da pesquisa, ou seja, o pesquisador realiza a transcrição dos dados e busca a definição de significados a partir de seu ponto de vista e de teorias já existentes, dessa forma selecionam-se textos capazes de originar resultados coerentes e representativos que se relacionam com a questão de pesquisa. Esse processo deve ser realizado até esgotamento das possibilidades de obter informações relevantes, as quais atribuem novos dados a pesquisa e neste sentido, é iniciado o ciclo de análise onde, primeiramente há a desmontagem dos textos, o chamado processo de desconstrução e unitarização (MORAES e GALIAZZI, 2011).

Ao desconstruir os textos, estes são fragmentados de acordo com o sentido buscado pelo pesquisador e desse processo são originadas as unidades de análise também nominadas de unidades de significado ou de sentido, podendo se utilizar de códigos compostos de número ou letras para cada unidade elaborada a partir dos fragmentos dos textos. Moraes (1999, apud MORAES, 2003, p. 195), caracteriza a prática de desconstrução, fragmentação e a origem das unidades de análise em três momentos distintos que é a “fragmentação dos textos e codificação de cada unidade; reescrita de cada unidade de modo que assumam um significado, o mais completo possível em si mesma; atribuição de um nome ou título para cada unidade assim produzida”. Esse processo exige muita leitura, atenção e até a reescrita de modo a apresentar clareza no contexto da produção, podemos atribuir um título para cada unidade, o qual posteriormente auxiliará na categorização.

Esta primeira etapa da análise dos dados exige dedicação, pois é a partir desse processo que são estabelecidas as relações, possibilitando a construção de novas compreensões do que foi analisado, neste sentido, Moraes (2003, p. 196), afirma que:

Uma análise textual qualitativa, voltada à produção de compreensões aprofundadas e criativas, requer um envolvimento intenso com as informações do corpus da análise. Exige uma impregnação aprofundada com os elementos do processo analítico. Somente essa impregnação intensa possibilita uma leitura válida e pertinente dos documentos analisados.

Assim, ao concluir a etapa de unitarização abrangendo seus critérios, é iniciado

o processo de categorização, onde há o estabelecimento das relações e novas compreensões são alcançadas e esta é determinada como a segunda etapa da análise.

A categorização é definida como um processo constante de comparação entre as unidades que foram estabelecidas no primeiro processo da análise, neste passo há a reunião de elementos análogos os quais quando próximos compõem as categorias (MORAES, 2003). Para alcançar esse processo podemos nos utilizar de metodologias, as quais fundamentam as análises e estas podem ser selecionadas a partir de dois métodos, que é o dedutivo e o indutivo.

O método dedutivo é utilizado quando é desejado construir categorias sem analisar o “*corpus*”, ou seja, deduzimos a partir de teorias que fundamentam a pesquisa as categorias que serão organizadas, as quais são denominadas de categorias “*a priori*”. Já o método indutivo, implica na construção de categorias a partir das análises levantadas desde o “*corpus*”, produzindo um processo organizado onde comparações são realizadas com dados já implícitos durante o processo de unitarização. Estes dois métodos podem ser utilizados juntos ou isolados, e ainda um terceiro método pode ser empregado, que é o intuitivo, que ocorre a partir de novas compreensões e captações que surgem devido a uma afinidade aprofundada com o que está sendo estudado. Do método indutivo e intuitivo as categorias são denominadas de emergentes (MORAES, 2011).

Através da categorização surgirão propriedades, e estas devem ser pertinentes, válidas, homogêneas e proporcionar uma compreensão dos fenômenos investigados, validados através dos referenciais teóricos e metodológicos utilizados e provir continuamente explorando o tema principal abordado, deste modo se o pesquisador se desviar desses pressupostos deve explicar por que e como foi direcionado, proporcionando a compreensão ao leitor do trabalho. A regra de exclusão mútua vem a corroborar neste aspecto, pois em uma mesma categoria itens não podem se repetir, os assuntos abordados devem ser claros e dialogarem entre si através da escrita.

Ao abordar a escrita, nos remetemos a teoria a qual Moraes e Galiuzzi (2011) esclarecem que, estas necessitam ser previamente definidas e adotadas “*a priori*” e caso isto não ocorra, as categorias obtidas no processo são definidas como emergentes, pois não existe uma teoria assumida anteriormente pelo pesquisador. As categorias elaboradas visam a compreensão de sentidos expressos nos textos e para

que esses sejam demonstrados de forma clara, é exigido um esforço intenso e rigoroso do pesquisador, pois além de caracterizar as categorias deve estabelecer as relações com os seus componentes, podendo neste processo surgir subcategorias ou as categorias chamadas emergentes, sendo estas mais específicas.

Em respeito a produção de argumentos em torno das categorias, Moraes (2003) cita dois movimentos a serem adotados, sendo o primeiro direcionado às categorias “*a priori*” e o segundo, às categorias emergentes. Assim, a partir da definição dos constituintes das categorias, podemos explicar e relacionar os dados obtidos na construção de um metatexto, estabelecendo as ligações entre as categorias e promovendo a compreensão do todo, no entanto, este é somente o início do processo.

Assim, é iniciado um processo de intuitivo e auto-organização, onde são estabelecidas pontes entre as unidades de base, próximas da teoria e estabelecendo ligações, reunindo objetos semelhantes e lhes atribuindo uma ordem, na qual, o objetivo é a elaboração do metatexto que se origina dos textos padrões iniciais. Nesta etapa, o pesquisador expressa sua perspectiva sobre os significados e sentidos alcançados através das duas primeiras etapas da pesquisa (MORAES e GALIAZZI, 2013).

A construção do metatexto deve descrever e interpretar os significados concebidos a partir do corpus, podendo ser demonstrados através de um texto descritivo, o qual se mantém próximo ao original, ou interpretativo “pretendendo um afastamento maior do material original num sentido de abstração e teorização mais aprofundado” (MORAES, 2003, p. 202). Neste sentido, podemos construir argumentos centrais ou parciais para as categorias, estes necessitam ser aglutinadores tornando a estrutura textual coerente e consistente e posteriormente devemos retornar esse processo, submetendo-o a críticas e reformulando-o quando necessário.

O metatexto carrega as teorias e a visão do pesquisador sobre o trabalho, portanto, a descrição e interpretação deste, é demonstrada através da escrita. A descrição é pautada de acordo com as categorias, as quais devem ser apresentadas e descritas, sendo apontadas nas informações contidas nos textos originais, fidelizando os fenômenos descritos ao longo do processo. A interpretação é onde exige a construção de novos sentidos, neste âmbito, é exercitada a teorização que são confrontadas com as teorias já existentes, elucidando aspectos representativos e estabelecendo ligações entre o texto original e o referencial bibliográfico.

Através desse processo podem surgir argumentos novos, construídos pelo

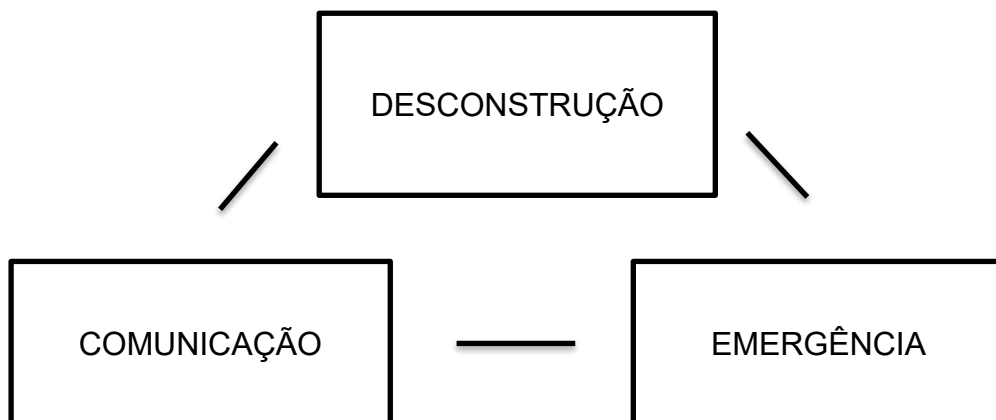
pesquisador, e essa contribuição com a pesquisa é inédita, neste ponto é admitida a autoria da obra, pois são assumidas as inferências, ou seja, o pesquisador vai além do que é notado e colabora propondo novas construções dos sentidos. Moraes e Galiuzzi (2011, p. 37) esclarecem que:

A produção de um metatexto, combinando descrição e interpretação, uma das formas de caracterizar a análise textual discursiva, constitui-se num esforço para expressar intuições e entendimentos atingidos a partir da impregnação intensa com o “corpus” da análise.

Desta forma, a autoria da pesquisa é expressa através de resultados das análises, as quais não são encontradas em outros trabalhos já produzidos, mas sim, são construídas a partir do esforço do pesquisador. A construção da validade da pesquisa pode ser empírica, ou seja, ancorada por citações de elementos extraídos do texto original, ou as constatações alcançadas podem ser mostradas aos autores dos textos analisados e observar se estes se consideram como parte do trabalho através do metatextos.

Todos os processos necessitam ser auto-organizados, pois, de acordo com Moraes e Galiuzzi (2011), eles podem ser descritos como um ciclo e através desses movimentos é possibilitado novos entendimentos criativos do objeto da pesquisa.

Figura 2 - Ciclo da Análise Textual Discursiva.



Fonte: Moraes e Galiuzzi (2011, p. 41).

Desta forma, o último movimento é baseado na auto-organização que é constituída pela aprendizagem criativa, ou seja, todos os processos foram explorados

ao máximo, desde a desconstrução até a escrita do metatexto, no entanto o autor pode voltar neste processo em busca de novos fragmentos que venham a colaborar com a sua pesquisa se considerar necessário em uma leitura final do trabalho.

A análise textual discursiva foi selecionada para análise dos dados desta pesquisa de cunho qualitativo, devido atender as expectativas e objetivos das análises que desejamos alcançar, além de permitir a participação do autor na construção do metatexto, ou seja, podemos estabelecer conexões entre os temas e o pesquisador faz parte do processo de interpretação dos dados, apresentando em sua produção uma nova concepção, a partir das explicações e exposições por ele realizadas. As descrições aqui citadas podem ser observadas em nossos procedimentos metodológicos e nas análises e interpretação dos dados.

5.2 TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA

Também conhecida como taxonomia dos objetivos educacionais, a taxonomia de Bloom é o resultado de um trabalho de Benjamin S. Bloom e colaboradores, na década de 1950, o qual foi constituída por três domínios, sendo o cognitivo, afetivo e psicomotor (BLOOM *et al.*, 1972). No entanto, com os avanços da sociedade Anderson *et al.* (2001) revisaram a taxonomia de Bloom dando origem a Taxonomia Revisada de Bloom a qual é composta por seis categorias e as mudanças realizadas são explicadas por Krathwohl (2002, p. 215, Tradução autor), e são aplicadas nos verbos utilizados como pode-se observar:

Na taxonomia revisada eliminou-se a dualidade da categoria conhecimento permitindo que o substantivo e o verbo formassem dimensões separadas, o substantivo fornece a base para a dimensão do conhecimento e o verbo forma a base para a dimensão do processo cognitivo.

Deste modo, na Taxonomia de Bloom os domínios possuem especificidades determinadas, o modelo cognitivo abordado em pesquisas é formado por camadas, as quais classificam o pensamento de acordo com os níveis de complexidade cognitiva crescente, saindo do mais simples ao mais complexo. As categorias, são divididas em Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação (BLOOM *et al.*, 1979).

Na Taxonomia Revisada de Bloom, Lori Anderson (1999), reviu novos

conceitos devido ao surgimento de recursos atuais na área de educação, avanços tecnológicos e na psicopedagogia e em suas pesquisas notou que a nova conceitualização era efetiva, publicando suas descobertas sob a orientação de David Krathwohl, o qual foi um dos participantes no desenvolvimento da original Taxonomia de Bloom em 1956. Assim, através do conhecimento e do pensamento cognitivo os objetivos são expressos a partir de verbos de ação e substantivos, os quais buscam descrever o processo cognitivo desejado.

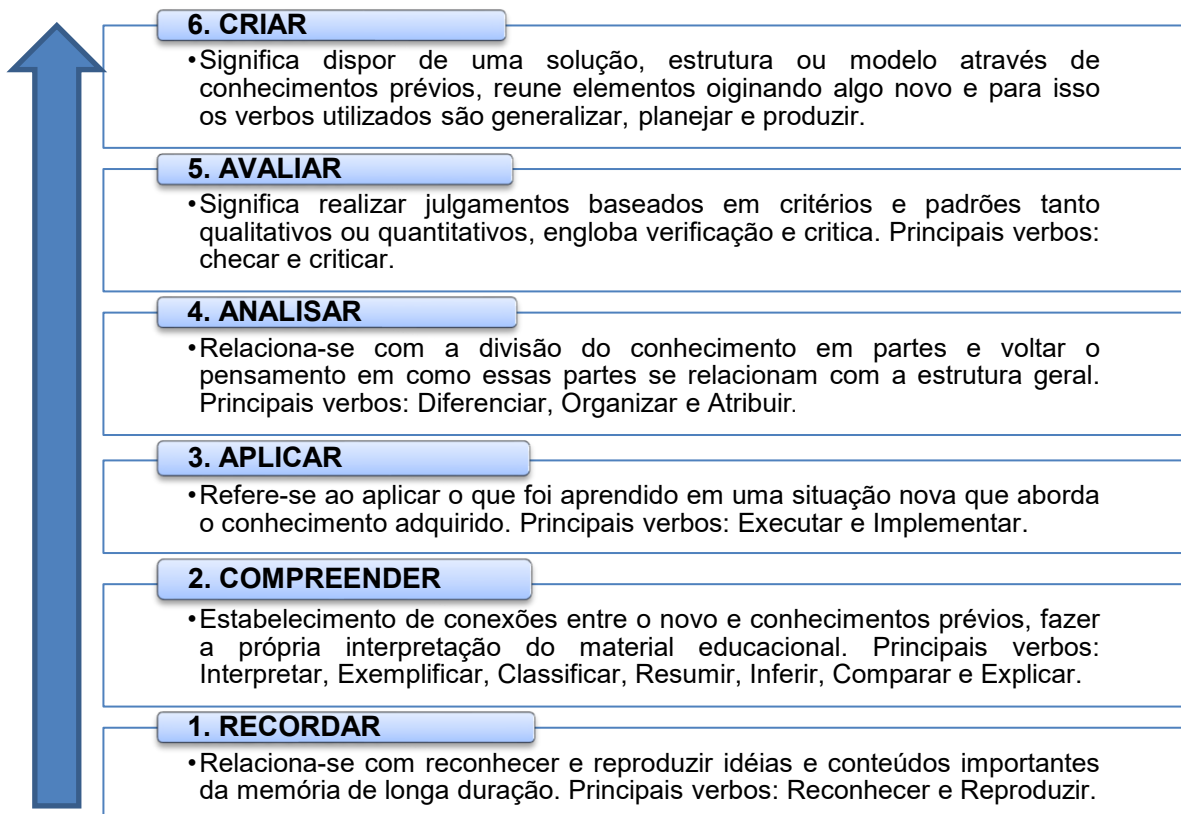
Desta forma, as dimensões do conhecimento foram divididas em quatro categorias que são a factual, a conceitual, a procedimental e a metacognitiva, neste sentido a taxonomia revisada diferencia-se da primeira versão por incorporar “o que saber” se relacionando ao conteúdo como parte do raciocínio, e “o como saber”, se relacionando com os procedimentos para resolução de problemas (ANDERSON *et al.*, 2001). Assim, na taxonomia revisada, o conhecimento foi dividido em dois tipos, sendo um estabelecido como o processo e o outro como conteúdo assimilado (FERRAZ e BELHOT, 2010).

Em relação a Taxonomia de Bloom Revisada, a base das categorias foi mantida, no entanto, Ferraz e Belhot (2010, p. 427) citam as seguintes alterações:

- Os aspectos verbais utilizados na categoria Conhecimento foram mantidos, mas esta foi renomeada para Lembrar; Compreensão foi renomeada para Entender; e Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação, foram alteradas para a forma verbal Aplicar, Analisar, Sintetizar e Criar, por expressarem melhor a ação pretendida e serem condizentes com o que se espera de resultado a determinado estímulo de instrução; - As categorias avaliação e síntese (avaliar e criar) foram trocadas de lugar; e - Os nomes das subcategorias existentes foram alterados para verbos no gerúndio.

Podemos observar na Figura 3 a Taxonomia Revisada de Bloom e as categorias que a compõe juntamente com as suas significações:

Figura 3 - Estrutura do processo cognitivo na Taxonomia de Bloom Revisada.



Fonte - Adaptada de Ferraz e Belhot (2010).

A seta ao lado esquerdo indica o sentido da aprendizagem e as habilidades do pensamento sendo considerado do inferior para o superior, deste modo podemos identificar as fases, como por exemplo, nos itens recordar e compreender sendo as fases de categorias de aquisição do conhecimento, os itens aplicar e analisar como as fases das categorias de produção do conhecimento ou competência e os itens avaliar e criar como as fases das categorias de criação do conhecimento ou habilidade.

O processo cognitivo pode ser classificado através de uma tabela a qual relaciona a dimensão do conhecimento com a dimensão do processo cognitivo e segundo Krathwohl (2002), a partir da tabela é possível visualmente determinar onde as categorias mais complexas estão representadas. Ferraz e Belhot (2010), sugerem que nenhum espaço na tabela seja deixado em branco, pois um processo de aprendizagem depende do outro, formando assim, ligações entre as categorias. Para avaliar os resultados de uma pesquisa podemos fazer uso de um quadro onde as correlações são preenchidas conforme o objetivo da pesquisa.

Quadro 2 - Modelo de classificação e preenchimento em uma tabela da Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão do conhecimento	Dimensão Processo cognitivo					
	Recordar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Efetivo/ Factual	Categoria 1					
Conceitual/ princípios		Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4		Categoria 6
Procedimental				Categoria 4	Categoria 5	
Metacognitivo				Categoria 4	Categoria 5	
Conhecimento			Competência		Habilidade	

Fonte - Adaptado de Ferraz e Belhot (2010).

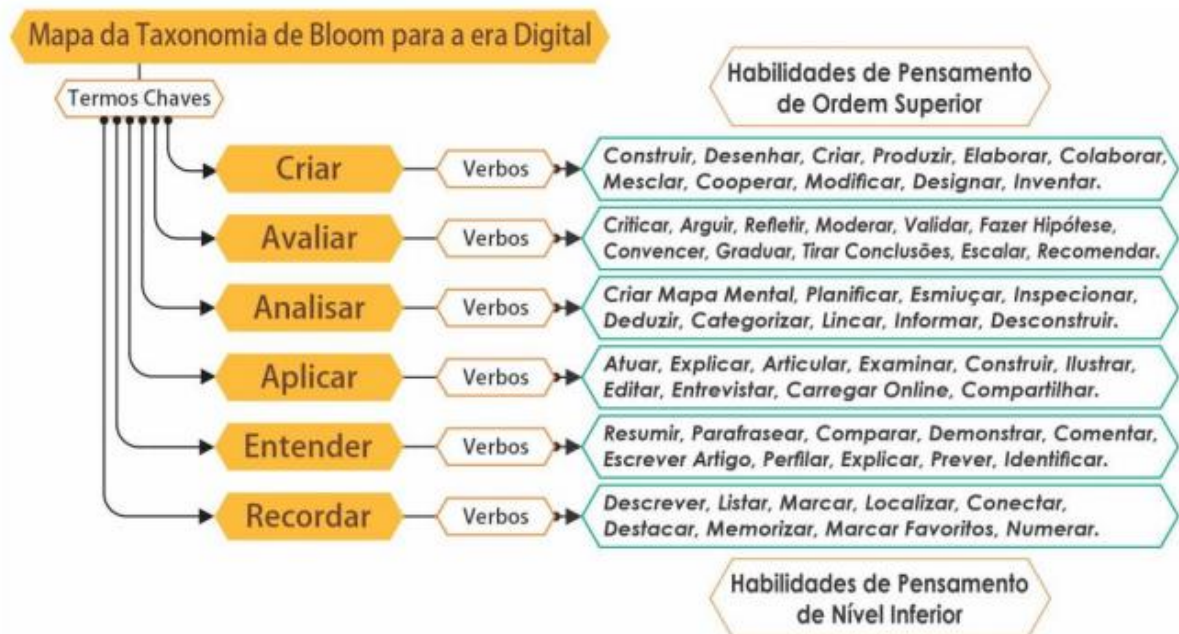
Tanto a dimensão do conhecimento, quanto a dimensão do processo cognitivo pode ser classificada de acordo com o que se deseja obter da pesquisa, assim dessas categorias podem surgir subcategorias passíveis de interpretação. Deste modo, no conhecimento factual podemos procurar por informações básicas contidas nos depoimentos coletados, no conhecimento conceitual, podemos buscar uma relação entre as partes de uma estrutura maior que venham a funcionar em conjunto, ou seja, conhecimentos prévios e conhecimentos adquiridos aplicados, no conhecimento procedimental, podemos demonstrar o como fazer, ou seja, os conhecimentos adquiridos podem ser demonstrados através da reprodução e o conhecimento metacognitivo pode ser identificado ao analisar o raciocínio de modo geral ou específico, ou seja, foram adquiridos conhecimentos que permanecem na memória e são resgatados conforme a tarefa cognitiva o exige.

5.2.1 A Taxonomia Digital de Bloom

Com os avanços tecnológicos e o surgimento das Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, houve a necessidade de outra revisão/ atualização na Taxonomia de Bloom, e esta foi realizada pelo neozelandês Andrew Churches em 2009, sob o título de *Bloom's digital taxonomy*, essa publicação pode ser consultada no site *Eduteka* (FARAUM JUNIOR e CIRINO, 2020).

Essa nova revisão vem sendo utilizada em pesquisas recentes devido a representação de ações, comportamentos e formatos de trabalhos com a utilização das TIC's (CHURCHES, 2010). Assim, verbos secundários passaram a configurar juntamente aos já abordados na Taxonomia, essa complementação é explicada devido ao uso da tecnologia ao ensino e os verbos auxiliam na metodologia com recursos digitais. Podemos observar na representação da Figura 4, o conjunto de etapas e os novos verbos:

Figura 4 - Taxonomia de Bloom para a era digital.



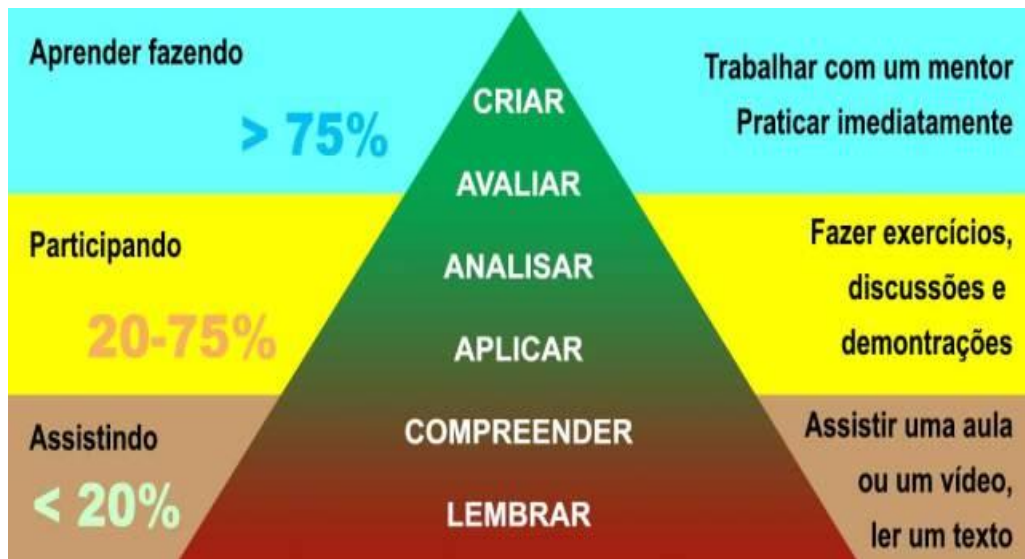
Fonte - ORTIZ *et al.* (2020, p. 124).

No entanto, esses novos verbos não são focados nos dispositivos tecnológicos e sim nas metodologias de ensino e na aprendizagem, pois somente os dispositivos, como aplicativos e *sites* não são capazes de promover a aquisição do conhecimento, mas são utilizados como ferramentas no processo pedagógico para abranger os níveis cognitivos (CHURCHES, 2010). Nesta adaptação, os níveis cognitivos não seguem uma ordem e podem ser iniciados em uma categoria indeterminada, de acordo com Faraum Junior e Cirino (2020, p. 10), os quais citam que “apesar da categorização dos níveis possuir uma hierarquia, o processo de aprendizagem pode se iniciar em qualquer momento”.

Neste contexto, na Taxonomia Digital de Bloom a construção de conhecimentos pode ser alcançada ao assistir uma aula *online*, ao resolver exercícios ou enigmas disponíveis em aplicativos, ao discutir o uso de uma animação voltada para

exemplificação de conceitos, e ao praticar imediatamente ao responder um questionário ou ao ensinar um outro colega de classe. Podemos observar na Figura 5 as porcentagens do processo de aprendizagem alcançadas desde as habilidades de pensamento do nível inferior ao superior.

Figura 5 - Porcentagem de aprendizagem alcançada de acordo com os níveis contemplados na Taxonomia Digital de Bloom.



Fonte - Blog Coursify.me (2018).

A partir da prática é notado que o nível de aprendizagem é superior a 75%, desta forma se aplicada uma aula expositiva com utilização de vídeos e posteriormente é gerada uma discussão sobre o tema abordado, a capacidade do aluno pode ser aprimorada e contribuir para que ele consiga expressar uma opinião colocando seu ponto de vista e ainda elaborar novas concepções seja a partir da prática em exercícios ou da explicação a outros colegas de classe.

Assim, ao aliar a Taxonomia Digital de Bloom com a Análise Textual Discursiva (ATD), procuramos realizar a categorização das questões direcionadas a esta pesquisa a *priori*, articulando as dimensões do conhecimento com as dimensões do processo cognitivo do aluno. Essa categorização a *priori* poderá ser observada no decorrer do percurso metodológico.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O percurso metodológico desta pesquisa é descrito a partir deste tópico, no qual foram aplicadas as teorias utilizadas para o estudo dos dados, as ferramentas utilizadas na elaboração e aplicação da pesquisa, ideias, modelos, a forma de análise dos dados coletados que colaboraram e podem contribuir para alicerçar os processos de ensino e de aprendizagem de isomeria óptica em diversas instituições de ensino.

Deste modo, a presente pesquisa é de caráter qualitativo e será analisada à luz da Análise Textual Discursiva (ATD), de Moraes e Galiazzi (2011). Nos amparamos também, em outros autores, com ênfase na Teoria da Dupla Codificação de Allan Paivio (1971) e na Taxonomia Digital de Bloom, atualizada em 2009 por Andrew Churches. Para o processo investigativo foi aplicada uma sequência didática com abordagem CTS, com utilização da *pirâmide holográfica* e um questionário aberto para coleta de dados. A Taxonomia Digital de Bloom foi adaptada neste trabalho para avaliar as categorias *a priori*, elaboradas de acordo com o questionário aplicado para avaliação do recurso didático e a apropriação dos conceitos pelos participantes da pesquisa.

6.1 PESQUISA QUALITATIVA

A pesquisa qualitativa, foco deste trabalho, tem por objetivo buscar o que não é aparente e procura expressar os conhecimentos por meio de interpretações de dados descritos de acordo com os textos, os símbolos e significados produzidos a partir da aplicação de um questionário aberto. Este estilo de pesquisa examina a compreensão do, como, e o seu objeto de estudo é direcionado para a subjetividade, o pesquisador é envolvido neste processo e não se torna neutro no caminho das discussões, mas sim, procura ser objetivo ao expressar suas observações (GUERRA, 2014).

Os instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa qualitativa são questionários abertos, entrevistas, opinários, caderno de registro, testemunhos de vida, testes e filmagens que posteriormente podem ser tratados com análises relevantes onde, são realizadas as interpretações, revisões de conceitos, pressupostos e hipóteses de acordo com o estudo realizado e a perspectiva do pesquisador. O método envolve o empirismo e deve fazer parte de uma articulação

sistematizada (GUERRA, 2014).

A conexão da pesquisa qualitativa com Análise Textual Discursiva (ATD), possibilita ao pesquisador uma abrangência de possibilidades ao estabelecer ligações entre a teoria por meio das referências bibliográficas, articulando-as com os textos coletados no decorrer da pesquisa, por meio de um método pré-selecionado, para esta pesquisa foi utilizado o questionário aberto. Desta forma, partindo dos objetivos pré-determinados advindos de uma categorização, vão surgindo novas interpretações que possibilitam explicar e interpretar os dados e proporcionar resultados expressos em um metatexto, auto-organizado, no qual o leitor possa sentir uma aproximação da realidade, a qual foi estudada, através do olhar do pesquisador.

6.2 PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA E IMAGENS 3D

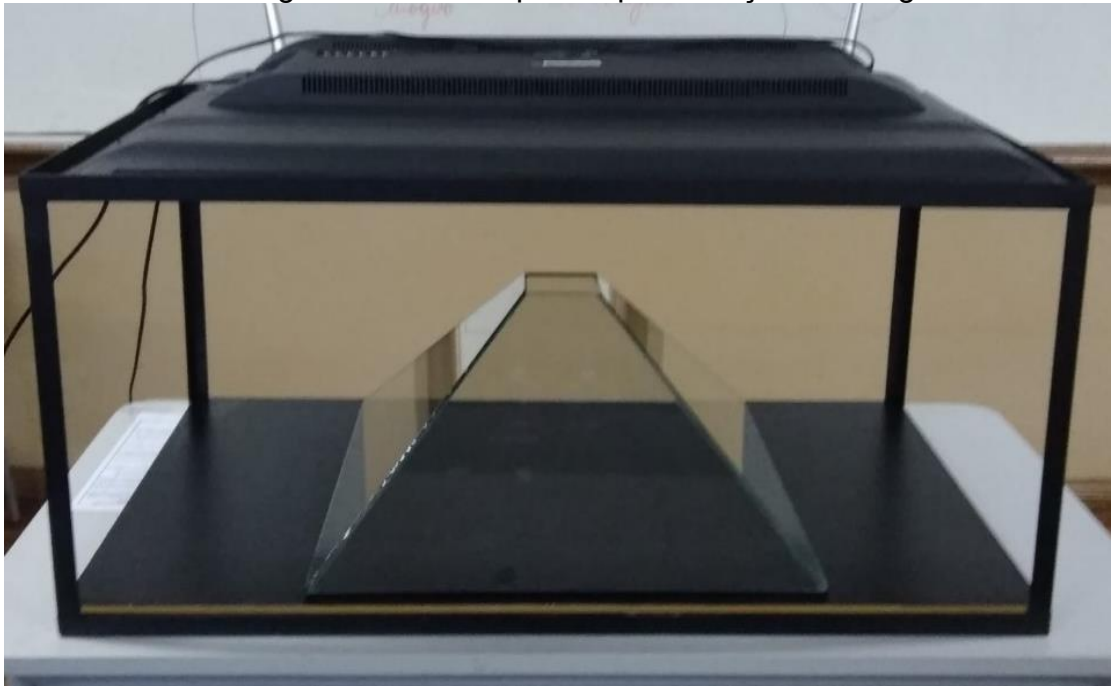
As imagens holográficas em 3D são clássicas ilusões de óptica, ou seja, há a captação do sistema visual e a interpretação no cérebro de forma diferenciada, no caso, quando usamos a expressão ilusão de óptica fazemos a correlação com fantasias que driblam o nosso sistema perceptivo. Assim, a projeção de imagens 3D através de pirâmide de vidro, a qual chamamos de pirâmide holográfica, nos fornece imagens flutuantes que podem ser observadas por expectadores e colaborar na visualização ao representar um modelo tridimensional (ZANGH, 2017).

Sobre a holografia, esta foi inventada por Dennis Gabor em 1947, que partindo de um feixe de laser e dois raios de luz, no qual o segundo raio foi projetado sobre a reflexão de luz do primeiro, notou que este procedimento permitiu a obtenção de imagens ópticas tridimensionais. Embora, a técnica não seja nova, ela atraiu o gosto popular devido aos seus efeitos e os avanços na visualização das imagens 3D que foram desenvolvidos no século XIX, em vista de melhorias sobre o fantasma de *Pepper's* ou *Pepper's Ghost*, melhorando assim a projeção da imagem e alcance da visão binocular, provocando um efeito quase real ao original nos hologramas animados (ORCOS, 2018).

A técnica de *Pepper's*, baseia-se em não gerar visualização do compartimento, no qual a imagem holográfica está sendo reproduzida ao espectador, logo, a apresentação de hologramas deve ser em um ambiente escuro, o qual realce cores na superfície e profundidade da pirâmide e o expectador deve ter a impressão de que a figura está no ar. No caso da pirâmide holográfica, para que ocorra esse efeito a

estrutura, sua base, o aparelho de reprodução e o vídeo são elaborados com fundo preto e o monitor é encaixado por cima da estrutura que tem um suporte de mesma tonalidade, deste modo, a visão do espectador não será influenciada por claridade e o mesmo terá a sensação da flutuação da imagem (ORCOS, 2018). A Figura 6, demonstra a estruturação¹² para a reprodução das imagens.

Figura 6 - Pirâmide holográfica montada para representação de imagens.



Fonte: A Autora.

Sobre o uso de hologramas, Ramachandiran *et al.* (2019), cita que o uso de imagens 3D melhora a representação visual, de forma que as imagens em 2D não conseguem alcançar e permitem que alunos, através das representações tenham um entendimento aprimorado sobre o assunto e aprenda visualmente. Abdelhamid (2020), afirma que a técnica é eficaz, pois, o professor pode interagir com o aluno durante as representações explicando e identificando conceitos que posteriormente, serão utilizados na avaliação do desempenho dos estudantes.

Laburú, Silva e Laburú (2021), ressalta que embora as imagens holográficas não estejam na face ou superfície da pirâmide e sim ao centro, ainda é necessário sobressair-se ao senso comum, para que os alunos possam compreender os conceitos e não se confundir com imagens projetadas em espelhos planos, e ainda

¹² Para informações de medidas e materiais para a construção da pirâmide holográfica, consultar ALMEIDA (2017).

destaca, que imagens 3D são potencialmente capazes de despertar a atenção do aluno, devido aos seus efeitos inesperados e a impressão sensorial e visual que podem causar. Almeida (2017), destaca que ao observar a imagem em diferentes ângulos, a ilusão de óptica nesta reproduzida, causa a sensação de que o objeto visualizado é real, no entanto para o ensino da química, ainda não há desenvolvimento amplo desta tecnologia, e os referencias encontrados, em sua maioria, são de utilização para o ensino da física, biologia, medicina, engenharia, entre outras áreas.

O uso de pirâmide holográfica para aulas de química não exige um investimento alto, visto que, a estrutura pode ser confeccionada e mantida em laboratório do colégio, proporcionando o trabalho interdisciplinar com as disciplinas de física e artes, onde na física pode-se explicar as leis da óptica física e nas aulas de artes pode-se abordar o tema de cores de luz, assim, através da junção das três disciplinas o próprio aluno pode construir a sua pirâmide holográfica em tamanho menor para utilização no celular, interpretando e aprendendo todos os conceitos e potencialidades que a envolvem, no entanto, para que seja utilizada na aprendizagem dos conceitos de química, o professor deve elaborar os vídeos direcionados para a reprodução de acordo com o tema a ser explicado.

É importante que o ensino da química englobe os três níveis de representação, pois, ao explorar o universo macroscópico, microscópico e simbólico, facilita o processo de aprendizado do estudante, o qual poderá fazer conexões destes níveis ao que se está aprendendo. Neste contexto, o uso de hologramas associados ao ensino da ciência química se apresenta com potencialidade colaborando na aprendizagem de conteúdos que apresentem imagens abstratas e de difícil visualização em um só plano ou em 2D, como por exemplo os isômeros ópticos.

6.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

O primeiro passo desta pesquisa foi a realização do levantamento bibliográfico como suporte teórico para justificar o objetivo desse estudo. O segundo passo, foi a elaboração de uma sequência didática (SQD), contextualizada com uma abordagem CTS e referenciada em Zabala (1998). A SQD foi direcionada para a apresentação aos alunos dos conceitos de isomeria óptica com a utilização do recurso didático pedagógico, a pirâmide holográfica. Posteriormente, foi elaborado um questionário de cunho qualitativo, visando a coleta de dados, estes fornecidos pelas concepções dos

alunos. No decorrer da pesquisa os dados coletados foram unitarizados, categorizados com o apoio da Taxonomia Digital de Bloom e debatidos a partir de teóricos como Allan Paivio (1971), Giordan (2008), Leite (2015) entre outros, e, documentos que regulamentam e normatizam a aprendizagem no Brasil. Esse percurso será detalhado neste delineamento de estudo através de tópicos.

6.3.1 Participantes da Pesquisa

A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual Marquês de Paranaguá, localizado na cidade de Vera Cruz do Oeste, estado do Paraná, no qual fui recebida pela diretora do Colégio, que, juntamente com o pedagogo e o professor de Química, deram o espaço para a aplicação da sequência didática e do questionário de pesquisa, visto que a pesquisadora não faz parte do corpo docente do Colégio.

Pertencendo ao interior do Oeste Paranaense, nos foi informado pela equipe administrativa que o Colégio possui o total de 515 alunos, divididos em Ensino Fundamental e Médio, sala de recursos multifuncionais, programa mais aprendizagem e espanhol-CELEM.

No entanto, a amostra para a pesquisa foi constituída por 35 alunos do terceiro ano do Ensino Médio Vespertino e Noturno, com faixa etária entre 15 e 22 anos, sendo que 15 alunos pertencem ao período vespertino e entre estes 6 identificaram-se como gênero feminino, 8 como gênero masculino e 1 não se identificou, e 20 estudantes no período noturno e destes, 12 identificaram-se como do gênero feminino, 7 do gênero masculino e 1 não atribuiu identificação. A pesquisa foi dirigida a esse público por estarem estudando conteúdo da química orgânica e seus conceitos que fazem parte do componente curricular do Ensino Médio, porém, segundo relatos do professor de química do colégio, até o momento da pesquisa os alunos não haviam alcançado o conteúdo de estereoisomerismo, portanto não tiveram contato com o ensino da isomeria óptica.

6.3.2 Sequência didática

O planejamento do processo educativo contribui na qualificação dos processos de ensino e de aprendizagem, deste modo, notamos que a organização dos meios teóricos e práticos auxiliam nas atuações, nas formas de abordagem e intervenção, e

no relacionamento entre o professor e o aluno e auxiliam também na seleção dos materiais didáticos e avaliativos para abordagem do conteúdo pretendido para a aula (ZABALA, 1998).

Desta forma, as sequências didáticas se configuram como um diferencial na atuação do professor, pois todo seu planejamento contribui na prática e na condução das aulas, a partir das atividades ordenadas, estruturadas e articuladas onde, é esperado um início e fim integrando os objetivos a serem alcançados pelo educador e o aluno.

Assim, ao formular uma sequência didática é importante focar no planejamento, aplicação e avaliação, em que, o planejamento procura a compreensão articulada entre conceitos reconstruídos e metodologias adotadas, a validação é observada após aplicação da sequência didática e a avaliação, que ocorre em todo o percurso, por ser ela processual e contínua possibilita, por meio, das discussões dos dados a necessidade das elaborações e reelaborações no planejamento da aula (CABRAL, 2017).

Neste âmbito, a sequência didática bem elaborada, estimulam o aluno, proporcionam a compreensão, a criação, o entendimento a construção de conhecimentos, o desenvolvimento da autonomia e ao mesmo tempo auxilia o professor na articulação de conceitos e ao aluno na construção de significados. A partir de uma sequência didática, a probabilidade de improvisos nas aulas é diminuída, estes acontecendo somente quando necessário na concepção do educador e a partir de questões dos alunos em debates que não foram pré-estabelecidos (ZABALA, 1998).

Ao elaborar a sequência didática, pode haver elementos que descrevam a intenção do professor e abranjam a totalidade dos alunos, assim como determina a participação destes no processo de aplicação. Desta forma, a organização da sequência deve conter título, introdução, organização dos alunos, objetivo, metodologia de ensino, desenvolvimento, conclusão e avaliação (ZABALA, 1998). Isto, respeitando a projeto político pedagógico do colégio, e se aproximando do público-alvo ao relacionar o conteúdo de ensino com aspectos presentes na realidade dos alunos.

Além disso, ao definir o público-alvo, ou seja, os participantes desta pesquisa, elaboramos uma sequência didática com abordagem CTS envolvendo medicamentos do cotidiano, para a abordagem dos conceitos da isomeria óptica, visando a

estruturação e planejamento das atividades para ensino deste conteúdo.

Como o nosso objetivo foi abordar os conceitos da isomeria óptica a partir de imagens 3D para serem reproduzidas na pirâmide holográfica, a pesquisa se voltou para a confecção do vídeo animado, pois de acordo com Leite (2015), o vídeo é um instrumento educativo capaz de proporcionar momentos de reflexão e quando planejado de acordo com o conteúdo didático e com uma dinâmica de aula adequada, é capaz de proporcionar ótimos resultados na aprendizagem.

Neste sentido, a elaboração do vídeo animado foi pensada de forma que fornecesse auxílio ao professor no momento de exposição dos conceitos e que demonstrasse aos alunos imagens associadas ao conteúdo, possibilitando-os a formarem imagens referenciais e associações das quais pretendíamos a potencialização da aprendizagem. De acordo com Giordan (2005), uma animação acompanhada de narração oral, ou seja, o uso do canal visual e sonoro concomitantemente, auxiliam o aluno a construir conexões e significados para dar sentido ao que está sendo ensinado.

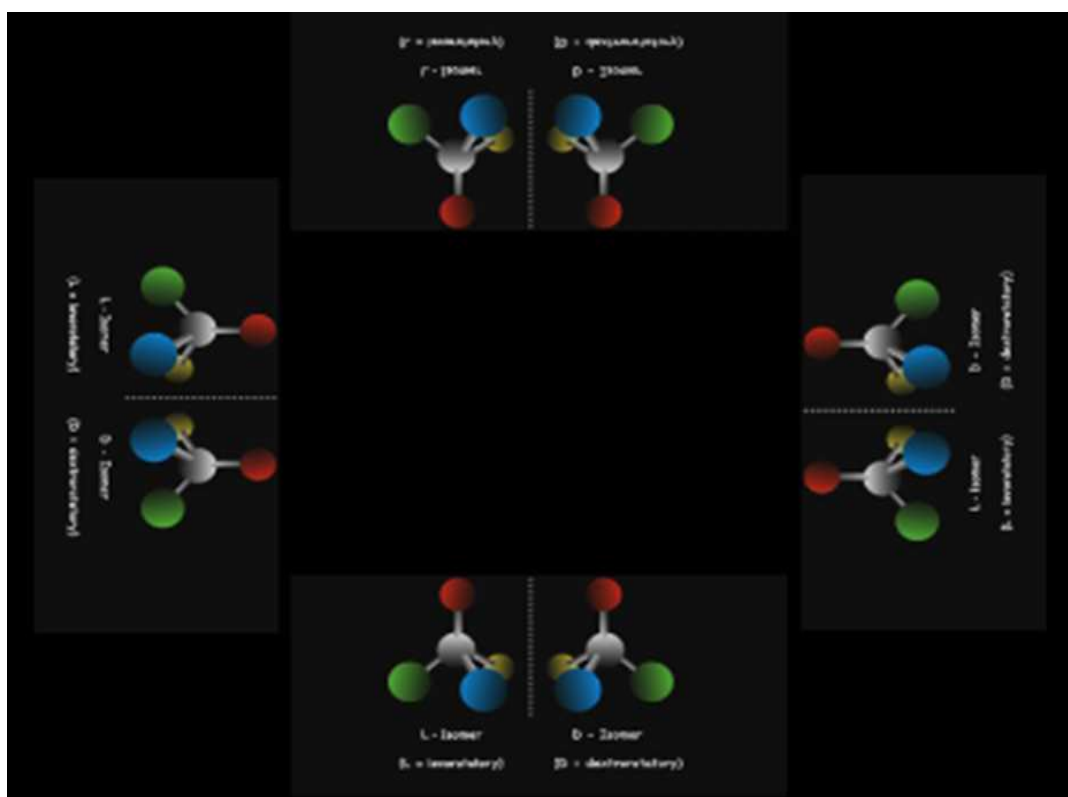
Assim, com o intuito de facilitar a montagem do vídeo e confeccionar a montagem para exposição na pirâmide holográfica, pesquisamos em canais do site www.youtube.com.br vídeos que apresentassem estruturas de isômeros ópticos em formato 3D, ou mesmo que estivessem em formato apropriado para a reprodução na pirâmide. Porém, em nossa pesquisa encontramos somente um vídeo que se aproximava mais do que era o esperado, no entanto o vídeo encontrado não era adaptado para reprodução em pirâmide holográfica e apresentava somente uma estrutura simples para explicação dos conceitos básicos da isomeria óptica, assim posteriormente o editamos no programa *VEGASPro*, disponível para *download* no site <https://www.vegascreativesoftware.com/br/vegas-pro/>, para demonstrar como identificamos o carbono quiral.

A fim de abordarmos outros conceitos da isomeria óptica como os enantiômeros e a mistura racêmica, nos utilizamos de estruturas dos medicamentos cloroquina e hidroxiclороquina e para a exposição delas no vídeo animado, as estruturas foram montadas no *software Avogadro*, pois este é especialista na edição de moléculas e é ilustrativo devido a ferramenta de rotação automática que nos permite girar a molécula e observá-la de vários ângulos. Este *software* é gratuito e encontra-se disponível para *download* no site <https://sourceforge.net/projects/avogadro/files/latest/download>.

No entanto, o *software Avogadro* não realiza a gravação e captura de tela das estruturas desenhadas em rotação, e para realizar a captura das imagens dessas estruturas em movimento utilizamos o *software BANDCAM*, que é um gravador de telas gratuito em sua versão simplificada e está disponível para *download* em <https://www.bandicam.com/br/>, este capturou as estruturas da cloroquina e hidroxiclороquina desenhadas e colocadas para rotação no programa *Avogadro* e os vídeos gerados em mp4 a partir do gravador de tela foram arquivados para posterior edição no programa *VEGASPro*.

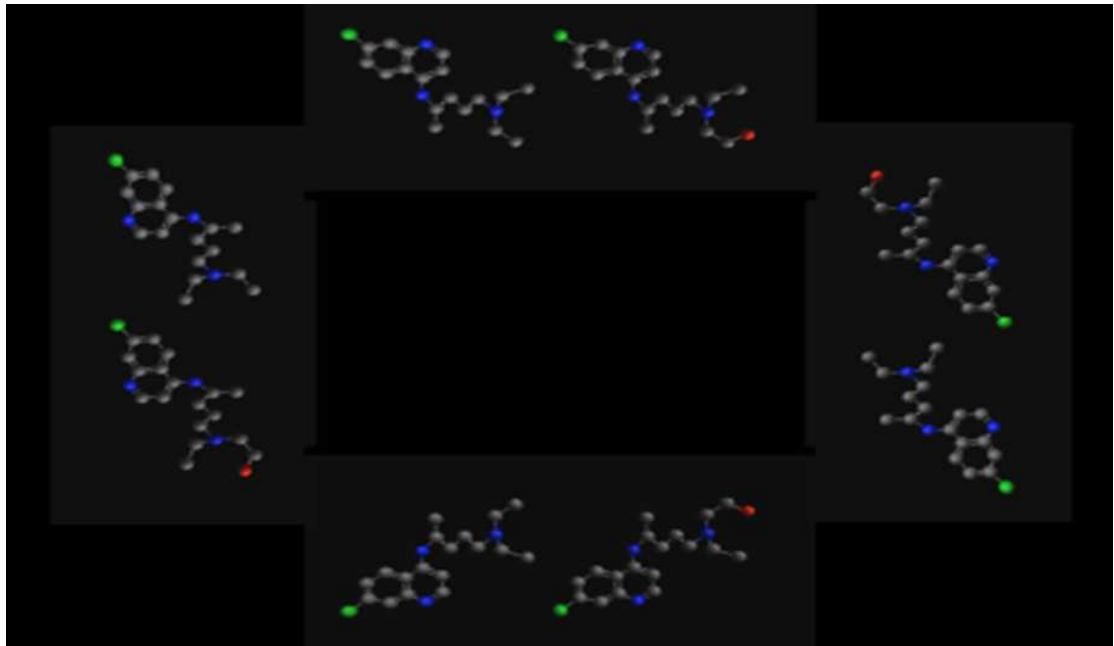
No entanto, para a edição no *VEGASPro* pensando na reprodução na pirâmide holográfica, foi requerida a quadruplicação do vídeo e a disposição destes, em formato de um quadrado, para que ao projetá-los, estes formem uma só imagem, na Figura 7 e, podemos observar a configuração final do vídeo para a reprodução na pirâmide holográfica.

Figura 7 - Enantiômeros editados a partir do vídeo *Optical Isomerism*, disponível em https://youtube/RBtgAz70_JY.



Fonte – A Autora.

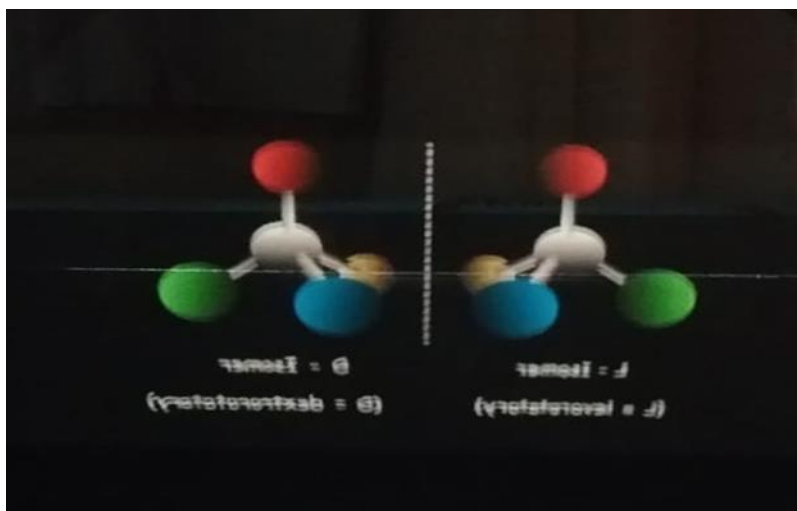
Figura 8 - Cloroquina e hidroxicloroquina, compostos desenvolvidos no software Avogadro.



Fonte: A Autora.

Após, a edição do vídeo, as imagens a serem representadas devem causar a impressão de que estão no ar, ou seja, aparentemente flutuando no espaço conforme pode ser observado na Figura 9:

Figura 9 - Imagem de representação do carbono assimétrico.

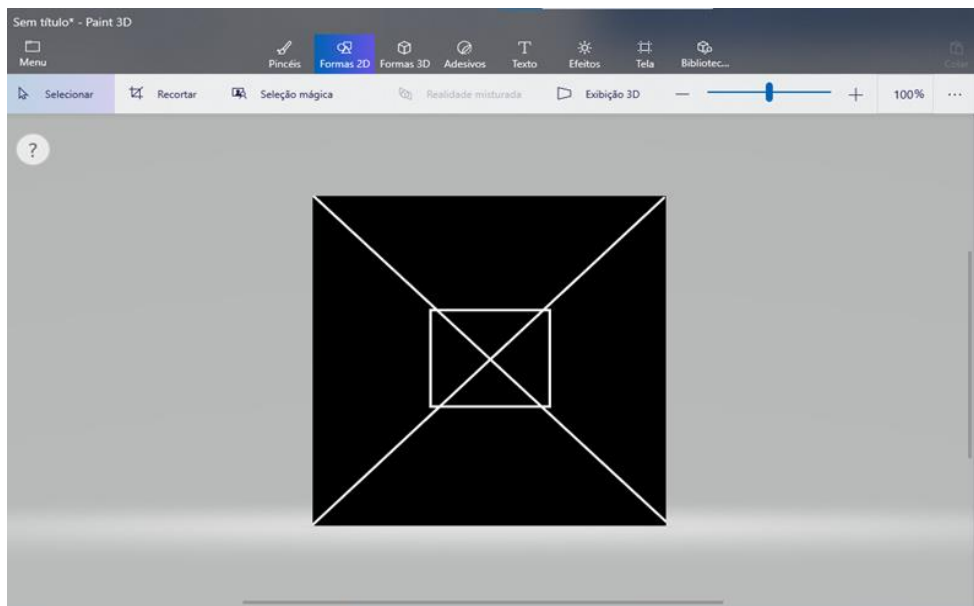


Fonte – A Autora.

Para obtenção deste efeito, primeiro utilizamos o software *Paint 3D* do pacote

da *Microsoft Office for windows* para fazer a base e enquadrar os vídeos de forma correta, evitando que estes se desalinhem e causem um efeito de sombra na reprodução. Assim no programa *Paint 3D* foi determinada a área de trabalho sendo 400 *pixels* por 400 *pixels* e ao redimensionar obtemos um quadrado de fundo preto, posteriormente traçamos duas linhas diagonais nele e inserimos um quadrado ao meio, os vídeos da animação devem ficar alinhados nas extremidades desse quadrado.

Figura 10 - Base para elaboração de vídeos 3D, elaborada no programa Paint 3D.



Fonte – A Autora.

Assim, exportamos essa base para o programa *VEGASPro* e os vídeos foram replicados sob essa base, sendo realizados ajustes para ficarem no formato observado na figura 7 e 8. Após o ajuste, é realizado o teste de reprodução, enquadramento e observada na pirâmide holográfica o resultado, posteriormente realizamos a renderização do vídeo em formato *AVI* ou *MP4* e o salvamos em arquivo pessoal do computador, assim podemos utilizar de modo *offline*, pois não há necessidade de rede de internet para sua reprodução.

No entanto, o vídeo arquivado pode ser compartilhado via plataforma aberta de vídeos do www.youtube.com e posteriormente, poderá ser usado por professores, alunos e demais interessados, de forma *online* ou *offline*, sendo que o mesmo pode ser baixado para o computador através de *Download* e ser reproduzido com ou sem acesso à internet, desta forma, essa tecnologia estará ao alcance de todos os colégios

e pode superar os eventuais problemas ocasionados pela falta de inclusão digital em algumas regiões.

Portanto, após a finalização da edição do vídeo, procuramos o colégio em que a SQD foi aplicada em duas etapas, isto é, na primeira etapa introduzimos os conceitos da isomeria óptica de forma expositiva e dialógica com o auxílio de quadro branco e modelagem bola-bastão como recurso para apresentação dos compostos. Na segunda etapa, utilizamos o recurso didático pedagógico, na qual abordamos os conceitos demonstrados em imagens 3D reproduzidas pela pirâmide holográfica. Esta forma de organização das aulas, foi pensada de acordo com os objetivos pretendidos pelo pesquisador, voltada para a amostra populacional a ser pesquisada, e na realidade encontrada no cotidiano em âmbito nacional no ano de 2020 com os medicamentos abordados em mídias televisivas e redes sociais para prevenção e cura do coronavírus (Covid-19), e pode ser observada e analisada no Apêndice A.

6.3.3 Questionário de avaliação

A elaboração de questionário para avaliação da pesquisa faz parte da pesquisa qualitativa, e ele é composto por questões formuladas com o intuito de fornecer a validação do que está sendo proposto na sequência didática e verificar se o objetivo do ensino e da aprendizagem foi alcançado.

Neste sentido, o questionário aplicado foi elaborado empiricamente pela pesquisadora, logo após a elaboração da sequência didática e é caracterizado como o instrumento da coleta de dados, que foi posteriormente preenchido pelos participantes desta pesquisa, ao final da aplicação da sequência didática. Deste modo, é um questionário livre, onde não há direcionamento ou interferência do pesquisador e as respostas dependem da interpretação do aluno, o que garante a informalidade, pois o participante não é identificado.

Assim, as questões que foram formuladas visaram o levantamento de informações e conhecimentos construídos pelo aluno, após, utilização de pirâmide holográfica utilizada na abordagem da isomeria óptica, o questionário formulado foi aplicado e pode ser observado no Apêndice B, no entanto, as questões e suas justificativas serão expostas também no decorrer do próximo parágrafo.

Desta forma, na primeira questão, formulada foi: “Descreva as suas impressões sobre a associação do conteúdo de isomeria óptica a um assunto do cotidiano e

identifique o que mais lhe chamou atenção nesta abordagem:”. A partir dessa questão, procuramos observar se os alunos conseguiam associar a isomeria óptica com assunto do cotidiano, o qual foi abordado por meio de medicamentos como a cloroquina e a hidroxicloroquina e procuramos aspectos em suas citações que indicassem o que mais atraiu a atenção na abordagem do conteúdo.

Na segunda questão procuramos avaliar o recurso didático pedagógico pirâmide holográfica para exposição dos isômeros ópticos e procuramos analisar quais foram os pontos positivos e negativos observados pelos participantes da pesquisa. O questionamento com o qual realizamos a avaliação foi: “O que você acha sobre a apresentação dos isômeros ópticos através de hologramas? Descreva os pontos positivos e negativos observados”.

Para a terceira questão buscamos a validação da sequência didática procurando identificar, nas respostas dos depoentes, se os conceitos acompanhados das imagens holográficas e apresentados ordenadamente por uma sequência didática com a abordagem CTS, contribuiu para a aprendizagem do participante da pesquisa, e procuramos identificar as descrições e opiniões elaboradas por eles sobre esta forma de ensino que lhes foi apresentada. Fizemos isso por meio do seguinte questionamento: “Ao abordar os conceitos de isomeria óptica, você considera que o uso das explicações acompanhadas das imagens holográficas animadas contribuiu para o aprendizado? Qual a sua opinião sobre essa forma de ensino do conteúdo?”.

Na quarta questão foi direcionado o seguinte questionamento: “Usar o protótipo de holograma para representação de isômeros ópticos ajudou a identificar o carbono quiral e a definir os isômeros Levógiros e Dextrógiros? Por quê? Justifique:”. Assim, procuramos identificar o conhecimento do aluno, após a aplicação da SQD, e verificar se a apresentação dos conceitos com a utilização da pirâmide holográfica contribuiu para a lembrança das definições de carbono quiral e isômeros levógiros e dextrógiros, procuramos fazer essa identificação a partir da justificativa emitida pelo aluno.

Para a quinta questão, procuramos indícios sobre a facilidade de identificação de carbono quiral, mistura racêmica e enantiômeros no processo de aprendizagem e se esses foram atenuados com a utilização de imagens 3D ou sem a utilização, visto que a SQD foi composta de uma aula expositiva e outra com a utilização do recurso didático, de acordo com a resposta dos depoentes analisamos com qual das aulas este teve maior afinidade e o porquê. Essas análises partiram da seguinte questão: “Considerando as duas aulas que você acompanhou, você considera que a sua

aprendizagem sobre identificação de carbono quiral, enantiômeros e mistura racêmica, foi mais efetiva e facilitada com a utilização de imagens 3D ou sem a utilização de imagens 3D? Por quê?”.

Nas questões seis, sete e oito buscamos a validação do uso de imagens e se estas colaboram nos processos de ensino e de aprendizagem da química e principalmente, quando abordamos os conceitos considerados abstratos, desta forma, visamos observar à luz da Teoria da Dupla Codificação se as imagens acompanhadas de narração são facilitadoras no processo de construção de conhecimentos.

Dentro desta análise, para a questão seis direcionamos a seguinte pergunta: “Em sua opinião, o uso de imagens colabora para lembrar o conteúdo estudado? Por quê?”. Assim, nas análises, buscamos a partir da opinião dos participantes observar se houve a colaboração das imagens no ensino deste conteúdo e se as imagens podem colaborar para que eles possam ativar a lembrança de um assunto que foi ensinado pelo professor.

Na questão sete direcionamos o seguinte questionamento: “Você consegue identificar o carbono quiral e os isômeros das estruturas abaixo? Se sim, desenhe os isômeros indicando o carbono quiral”. E disponibilizamos as estruturas da cloroquina, hidroxiclороquina, limoneno, talidomida, própolis e ibuprofeno, com o intuito de verificar se os participantes da pesquisa conseguiriam realizar identificação do carbono quiral nas estruturas desses compostos químicos e em caso afirmativo, se eles conseguiriam desenhar os isômeros identificando o carbono quiral.

Já a questão oito, procuramos avaliar se houve o armazenamento de informações sobre a isomeria óptica na memória do depoente, analisamos também, se eles relacionariam as informações armazenadas aos conceitos ou as imagens. Para esta análise, fizemos o seguinte questionamento: “Relacione a palavra abaixo com o que vem em sua imaginação: ISOMERIA ÓPTICA”.

Portanto, para analisarmos os dados obtidos a partir das questões de pesquisa aqui apresentadas, elaboramos o tópico análise e interpretação dos dados, no qual recorreremos as teorias utilizadas no decorrer desta pesquisa para nos amparar nas interpretações das respostas produzidas pelos depoentes.

6.3.4 Categorização do questionário a priori com adaptação da Taxonomia Digital de Bloom

Na Taxonomia Digital de Bloom podemos observar as seis categorias que a compõe, além dos verbos e a dimensão do conhecimento alcançada de acordo com as habilidades de pensamento do nível inferior ao superior. Em razão das habilidades de pensamento, e analisando as questões formuladas empiricamente para esta pesquisa, procuramos dentro das categorias já existentes, estabelecer as nossas descrições e definições para realização das análises visando observar a potencialidade do recurso didático pirâmide holográfica e a aprendizagem do conteúdo que foi exposto a partir desse recurso. Assim, de acordo com as categorias já existentes na Taxonomia Digital de Bloom, alocamos as nossas questões e descrevemos o que esperávamos obter como resposta a elas. Essas definições, foram realizadas de acordo com a categorização *a priori* da ATD pelo método dedutivo, ou seja, foi estabelecido o que esperaríamos obter no metatexto produzido nas respostas dos alunos.

Assim, fragmentos presentes nas questões, anteriormente a aplicação aos alunos, foram observados e identificados considerando o pensamento de nível inferior ao nível superior, no entanto, observando que na Taxonomia Digital de Bloom a aprendizagem pode se iniciar a partir da contemplação de qualquer categoria, organizamos um quadro com as categorias originais da Taxonomia Digital de Bloom, porém, não realizamos a utilização dos verbos e as descrições já pré-estabelecidas dessas categorias pela literatura, mas buscamos atribuir descrições para as categorias de acordo com o que era esperado nas respostas dos estudantes a partir das questões que lhes foram direcionadas pelo pesquisador. Essa adaptação nas categorias visa, auxiliar o pesquisador na alocação dos depoentes dentro de cada habilidade do conhecimento, de acordo com a análise das respostas destes ao questionário, e procurando nos fragmentos dos textos produzidos fatores que indicassem a alocação desses alunos, correspondendo com a descrição que foi elaborada pelo pesquisador.

Portanto, no Quadro 3, apresentamos a adaptação realizada, demonstrando dentro das descrições das categorias e o que é esperado pelo pesquisador de acordo com o questionamento elaborado para essa pesquisa, essas categorias foram pré-estabelecidas *a priori* pelo método dedutivo.

Quadro 3 - Categorização a *priori*, em consonância com a Taxonomia Digital de Bloom.

Categoria	Enunciado/questão de pesquisa	Descrição
1. Recordar	Descreva as suas impressões sobre a associação do conteúdo de isomeria óptica a um assunto do cotidiano e identifique o que mais lhe chamou atenção nesta abordagem.	Nesta categoria é esperada respostas que apresentem o reconhecimento, a reprodução e ideias do conteúdo ensinado analisando se os alunos estabelecem as relações com o cotidiano que foram exemplificadas e as recordam em sua memória. Procuramos identificar também aspectos que indicassem o que mais atraiu a atenção na abordagem do conteúdo.
2. Compreender	O que você acha sobre a apresentação dos isômeros ópticos através de hologramas? Descreva os pontos positivos e negativos observados.	Nesta categoria buscamos por respostas nas quais, sejam estabelecidas uma conexão com os isômeros ópticos e a construção de significados a partir da utilização da pirâmide holográfica como recurso didático pedagógico no processo de ensino possibilitando a compreensão dos conceitos abordados em aula.
	Ao abordar os conceitos de	Buscamos nessa categoria observar se os alunos

3. Aplicar	isomeria óptica, você considera que o uso das explicações acompanhadas das imagens holográficas animadas contribuiu para o aprendizado? Qual a sua opinião sobre essa forma de ensino do conteúdo?	conseguem aplicar e expor as suas observações em relação ao recurso utilizado para exemplificação dos conceitos e se o uso desta em uma SQD contribuiu para o processo de aprendizagem, com o intuito de validar a sequência didática.
4. Analisar	Usar o protótipo de holograma para representação de isômeros ópticos ajudou a identificar o carbono quiral e a definir os isômeros ópticos Levógiros e Dextrógiros? Por quê? Justifique.	Procuramos nas respostas ao questionário, a identificação de conceitos e as ligações estabelecidas pelos alunos de acordo com o conteúdo que aplicado na SQD. Analisamos se houve a apropriação dos conceitos a partir da justificativa do estudante.
5. Avaliar	<p>a) Considerando as duas aulas que você acompanhou, você considera que a sua aprendizagem sobre identificação de carbono quiral, enantiômeros e mistura racêmica, foi mais efetiva e facilitada com a utilização de imagens 3D ou sem a utilização de imagens 3D? Por quê?</p> <p>b) Em sua opinião, o uso de imagens colabora para lembrar o conteúdo estudado? Por quê?</p>	Procuramos nas respostas as críticas e reflexões sobre a aprendizagem sem o uso das imagens 3D e com a colaboração das imagens holográficas 3D, assim buscamos avaliar as atribuições e discussões sobre o uso de imagens para o ensino da química, da isomeria óptica e o auxílio que as imagens podem possibilitar ao ensino em geral.
		Observamos se os alunos

6. Criar	<p>a) Você consegue identificar o carbono quiral e os isômeros das estruturas abaixo? Se sim, desenhe os isômeros indicando o carbono quiral.</p> <p>b) Relacione a palavra abaixo com o que vem em sua imaginação: ISOMERIA ÓPTICA</p>	<p>conseguem produzir e reproduzir as estruturas orgânicas, ou seja, se conseguem criar a partir do conteúdo promovido em aula. Analisamos de eles indicavam o carbono quiral e se a partir da palavra ISOMERIA ÓPTICA eles criariam conceitos ou reproduziriam desenhos, com o intuito de validar o uso de imagens holográficas e suas contribuições no ensino do conteúdo de isomeria óptica e a colaboração para a fixação dos conceitos na memória de longa duração.</p>
----------	---	--

Fonte - Autora (2021).

Deste modo, após a aplicação do questionário alocamos os alunos dentro das categorias da Taxonomia Digital de Bloom adaptada para essa pesquisa, que produziram argumentos que nos indicaram a este seguimento.

Logo, na categoria recordar, alocamos os alunos que em suas respostas citaram os exemplos utilizados e o conteúdo abordado a partir de palavras-chave identificadas como: cloroquina, hidroxiclороquina, isomeria óptica e medicamentos. Já para a categoria compreender, alocamos os alunos que em suas respostas citaram palavras-chave como: entender.

Na categoria aplicar, os alunos alocados foram aqueles que citaram palavras-chave em suas respostas como: imagem, aprender e conseguir. Para alocação na categoria analisar, os alunos que contemplaram esta categoria foram os que citaram palavras-chave como: isômeros ópticos, carbono quiral, enantiômeros e mistura racêmica. Na categoria avaliar buscamos por palavras-chave como: facilitar, acessar e lembrar, os alunos alocados nesta categoria citaram esses aspectos em suas

respostas. E para a categoria criar, alocamos os alunos que a partir de estruturas disponibilizadas conseguissem identificar o carbono quiral e desenhar os enantiômeros dessas estruturas, e a partir da palavra isomeria óptica estabelecessem relações com os conceitos abordados nas aulas.

Assim, foi possível pontuar a categoria em que o aluno se encontra e verificar se apresentam algum conhecimento, competência ou habilidade na formação de memórias e no estabelecimento de ligações das imagens com as palavras que foram narradas a partir dos conceitos da isomeria óptica.

6.3.5 Aplicação da sequência didática e coleta dos dados

Após, a elaboração da SQD, a edição do vídeo, a produção e categorização do questionário *a priori*, passamos a etapa de aplicação do projeto no Colégio Estadual Marquês de Paranaguá, nas turmas do terceiro ano do ensino médio, sendo uma do período vespertino e uma do período noturno. Primeiramente, realizamos o contato com o diretor, o qual, foi solidário e se animou com a possibilidade de a escola estar fazendo parte desta pesquisa, nos disponibilizando o espaço e as turmas para o estudo.

Ao ser apresentada para os estudantes, esta pesquisadora esclareceu que eles estariam fazendo parte da pesquisa de Mestrado Acadêmico de Ensino de Química e Novas Tecnologias do Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Estadual de Londrina. Assim, a abordagem se iniciou, a partir de algumas perguntas disponíveis na sequência didática, foi observado se os alunos possuíam conhecimento prévio sobre a isomeria óptica.

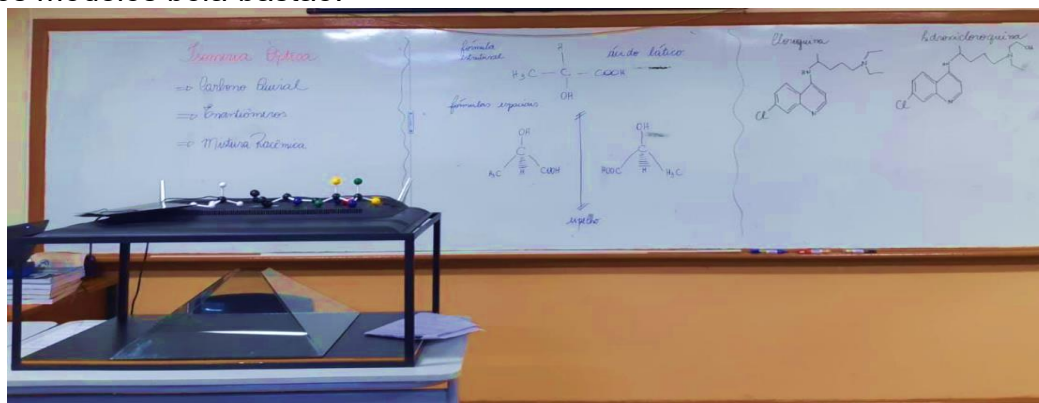
Ao notar que não havia o conhecimento da isomeria óptica por parte dos alunos, foi dado início a uma abordagem CTS, onde primeiramente foi ressaltada a importância da indústria farmacêutica na economia do nosso país, o papel da tecnologia que a partir de pesquisas científicas consegue proporcionar medicamentos melhores e com maior capacidade de cura além de produzirem menores efeitos colaterais a população que os consome.

Em seguimento, foi iniciada a abordagem do conteúdo de maneira expositiva com auxílio de quadro branco, pincel e utilizados os modelos habituais como as exemplificações utilizando as mãos e exemplificando com as imagens refletidas no espelho como possibilitadores na identificação do carbono quiral, ressaltando que este

também pode ser chamado de carbono assimétrico. Para a explicação dos enantiômeros levógiros e dextrógiros, foi enfatizada que toda substância assimétrica que possui ao menos um carbono quiral, é opticamente ativa e possui a capacidade de desviar a luz polarizada para direita ou para a esquerda.

Ao abordar a mistura racêmica e a compensação externa que inativa a capacidade de desvio da luz polarizada, exemplificamos com as estruturas da cloroquina e hidroxicloroquina, que foram utilizadas devido a pandemia do Coronavírus (Covid-19)¹³, e esclarecemos que em termos de notícias na mídia esses medicamentos foram apresentados como eficazes no tratamento do vírus, no entanto, ele não é indicado para o tratamento do coronavírus (COVID-19), pois é um antimalárico comercializado em forma de mistura racêmica, possuindo apenas um carbono quiral e um isômero levógiro e outro dextrógiro. Esclarecemos que na formulação desses medicamentos uma das substâncias é opticamente inativada por compensação, onde somente o isômero que é mais ativo é que trata a doença e vai agir no organismo humano. Foi explicada as possíveis intercorrências ao utilizarmos medicamentos sem haver indícios de alguma doença no corpo humano e os efeitos colaterais provocados com as interações do isômero menos ativo. Foi aberto espaço para discussão e esclarecimento de maiores dúvidas dos alunos ao final da aula, visto que as dúvidas que foram surgindo no decorrer da aula foram esclarecidas durante a apresentação. O início da aplicação da sequência didática, a distribuição dos alunos e o decorrer da aula podem ser observados nas figuras 11, 12, 13, 14 e 15:

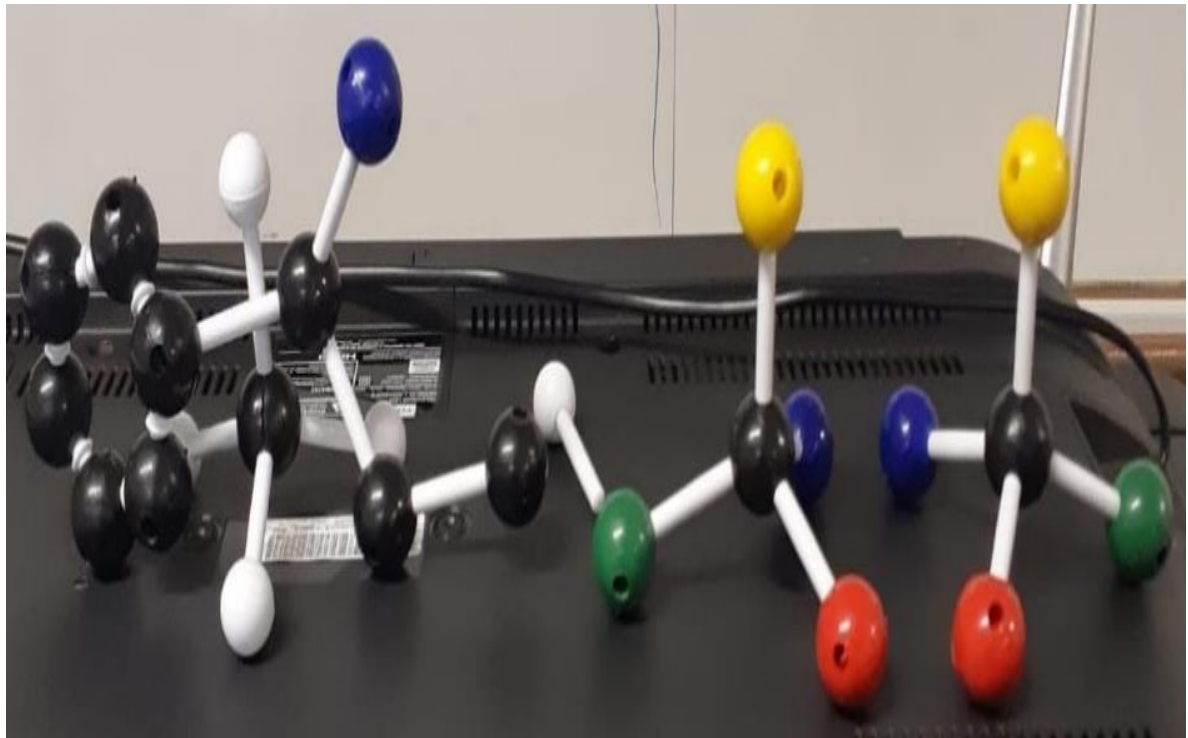
Figura 11 - Disposição de tópicos, exemplos no quadro branco e estruturas montadas com os modelos bola-bastão.



Fonte – A Autora.

¹³ Segundo Singh et al. (2021), o uso desses medicamentos pode aumentar o risco de eventos adversos, no entanto poucos desses eventos podem ser graves, no entanto, a cloroquina e a hidroxicloroquina não devem ser utilizadas para o tratamento da COVID 19.

Figura 12 - Modelos bola-bastão para explicação do carbono quiral.



Fonte – A Autora.

Figura 13 - Disposição de alguns alunos durante a aula expositiva.



Fonte – A Autora.

Figura 14 - Explicação da isomeria óptica utilizando exemplo do reflexo da mão no espelho.



Fonte – A Autora.

Figura 15 - Exemplificação da localização do carbono quiral com a estrutura da cloroquina.



Fonte – A Autora.

Na segunda etapa, solicitei aos alunos que se posicionassem em círculo, onde a pirâmide holográfica estava ao meio e foi dada continuidade na abordagem do conteúdo de isomeria por meio da utilização das imagens animadas que foram narradas por mim.

Em meio a narração, foi buscada uma forma de possibilitar a visualização dos alunos aos conceitos, apresentando modelos tridimensionais como a estrutura do carbono quiral, planos de simetria, enantiômeros e a mistura racêmica que foi demonstrada através dos isômeros da cloroquina e hidroxiclороquina como forma de auxiliar na compreensão de conceitos. As luzes foram apagadas para evitar interferências na visualização, assim, a imagem da Figura 16, representa os alunos se posicionando para assistirem a animação acompanhada de narração.

Figura 16 - Alunos em volta da pirâmide holográfica acompanhando a explicação.



Fonte – A Autora.

A terceira etapa foi constituída da aplicação do questionário de pesquisa, este disponível no Apêndice B, composto de oito questões discursivas e direcionadas,

abordando o recurso didático pedagógico de pirâmide holográfica, a isomeria óptica e seus conceitos. Ao finalizar a apresentação, foi solicitado aos alunos que respondessem ao questionário de pesquisa, disponível no Apêndice B, no qual o objetivo foi investigar e compreender suas percepções acerca da utilização das imagens holográficas na abordagem da isomeria, bem como se conseguiriam reproduzir, a partir da escrita, os conceitos de acordo com o que lhes foi ensinado. Na Figura 17, podemos observar os alunos ao responder o questionário em outra sala de aula, onde não havia conceitos e exposição dos conteúdos no quadro branco.

Figura 17 - Alunos na sala de aula respondendo ao questionário de pesquisa.



Fonte – A Autora.

Conforme o Termo de Consentimento, que se encontra presente nos anexos desta pesquisa e foi assinado pelos alunos anteriormente à aplicação, as identidades dos participantes serão omitidas e estes serão identificados por códigos, onde utilizamos a letra A, para aluno, acompanhada de numeração de ordem crescente e V ou N para identificação de período vespertino ou noturno. Como por exemplo, ao analisar o Aluno 1 do período vespertino, ele será identificado como A1V, e os demais seguirão essa ordem.

7. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Ao propor a aplicação de uma sequência didática com abordagem CTS para abordar os conceitos da isomeria óptica e o recurso didático pedagógico (pirâmide holográfica) para demonstração de estruturas e discussão sobre os conceitos, a partir da narração que acompanha as imagens 3D, era esperado que os alunos se apropriassem desses conceitos, por fazerem parte de uma aula planejada e elaborada com este propósito.

Também esperávamos que os estudantes apresentassem curiosidade e procurassem discutir os aspectos do que lhes era apresentado e esclarecessem possíveis dúvidas sobre os isômeros ópticos ou sobre os medicamentos que foram utilizados para promover o estudo dos conceitos voltados ao conteúdo da isomeria óptica. No entanto, a maioria dos alunos se demonstrou passiva, mesmo quando foi oferecido a eles a oportunidade de interagir, ou seja, quando trouxemos questões sobre o conteúdo, para que eles pudessem responder e se havia dúvidas a esclarecer.

Além disso, esperávamos uma maior curiosidade por parte dos alunos com relação aos conceitos abordados, fato que não ocorreu. Em conversa com o professor docente da disciplina de Química, ele comentou sobre a falta de participação dos alunos e a falta de envolvimento e a grande indiferença apresentada pelos estudantes provavelmente reforçada pelo recente retorno dos mesmos ao espaço escolar ocorrido após o período pandêmico, se apresentavam indiferentes em sala de aula, interagindo pouco durante as abordagens do professor e não demonstrando interesse nos estudos.

Em aspectos de participação e envolvimento com a aula, foi notado que os alunos do período noturno se sentiram mais atraídos pelo objetivo de estudo com relação aos alunos do período vespertino foi observado uma certa falta de interesse diante dos conceitos que estavam sendo possibilitados.

Diante do exposto, não era o esperado pela pesquisadora esta reação dos alunos, assim, foi possibilitado para eles uma aula mais expositiva na qual abrangeu todos os conceitos da isomeria óptica além de disponibilizar diversos exemplos atuais, dos quais envolviam o papel social, tecnológico e econômico do país.

Ao aplicar o questionário de pesquisa, os alunos não contaram com as informações que foram disponibilizadas em quadro branco durante as aulas da qual participaram, no questionário havia somente perguntas nas quais eles interpretaram

e atribuíram suas respostas de acordo com suas concepções. Portanto, das análises dos metatextos produzidos pelos alunos partindo das categorias pré-estabelecidas *a priori*, surgiram categorias emergentes, estas dispostas no apêndice C, pois foi buscado entender no discurso dos alunos que não contemplaram as categorias *a priori*, como se posicionavam diante do método de ensino que lhes foi proposto e se o uso do recurso didático reproduzindo imagens 3D e o ensino CTS que foi utilizado na abordagem contribuíram de alguma forma para a aprendizagem.

Deste modo, para proporcionar uma análise ordenada dos resultados, após a codificação e categorização *a priori*, realizamos uma auto-organização para apresentação do metatexto. Nesta organização, expomos os resultados a partir de tópicos, dos quais no tópico um expomos a análise da categoria *a priori* recordar e as categorias que emergiram a partir dela, tendo em vista que a categoria recordar envolveu a análise da primeira questão atribuída ao questionário e o que esperávamos como resposta, este tópico foi intitulado de “Impressões sobre a abordagem CTS”.

Para os demais tópicos seguimos o mesmo padrão de organização, desta forma, o tópico dois compreende a questão dois e a categoria *a priori* compreender e foi intitulado de “Potencial do recurso didático na construção de significados”. O terceiro tópico foi intitulado de “Opinião dos estudantes sobre a contribuição de imagens holográficas para o ensino da isomeria óptica e validação da sequência didática”, neste tópico apresentamos nossos resultados obtidos a partir da categoria *a priori* aplicar, levando em consideração a questão três do questionário. No quarto tópico, “Análise de correlações com os conceitos da isomeria óptica”, expomos os resultados obtidos a partir da categoria *a priori* analisar, a qual contemplava a questão quatro do questionário. No tópico “Contribuição das imagens para o ensino em geral e o ensino da química e da isomeria óptica”, consideramos as análises das questões cinco e seis do questionário aplicado, as quais contemplavam a categoria avaliar e no último tópico “Apropriação dos conceitos e capacidade de criação”, englobamos as questões sete e oito, as quais contemplavam a categoria *a priori* criar para exposição dos resultados obtidos com esta pesquisa.

Diante do exposto, ao propormos a aplicação de uma Sequência Didática envolvendo a isomeria, pensamos na Teoria da Dupla Codificação (TDC), pois, quando simultaneamente disponibilizamos aos alunos a explicação dos conceitos de isomeria óptica a partir de linguagem verbal e imagética possibilitamos a utilização de dois canais sensoriais que é a visão e a audição. Além da Teoria da Dupla

Codificação, para interpretação dos nossos resultados utilizamos demais autores e documentos de caráter normativo que foram citados ao longo do levantamento bibliográfico para o aporte em análises no âmbito da tecnologia, métodos de aprendizagem, diretrizes e especificações técnicas que envolvem o ensino da química.

Desta forma, a análise dos dados e o metatexto produzido a partir dos nossos resultados podem ser observados a partir do tópico 7.1.

7.1 IMPRESSÕES SOBRE ABORDAGEM CTS

Na primeira questão, ao trabalharmos a abordagem CTS com exemplos do cotidiano, procuramos identificar se os alunos recordavam aspectos do conteúdo trabalhado e observamos se havia fragmentos em suas respostas, tais como: cloroquina, hidroxicloroquina, isomeria óptica e medicamentos, estes fragmentos eram indicativos das representações do reconhecimento e da reprodução de ideias dos conceitos que lhes foram proporcionados a partir da abordagem CTS envolvendo um assunto do cotidiano, que neste caso foi a cloroquina e a hidroxicloroquina e ainda, procuramos identificar se estes, foram interpretados e apropriados pelos estudantes, desta forma, de acordo com a categorização *a priori*, adaptada a partir da Taxonomia Digital de Bloom, os alunos que conseguiram estabelecer relações contemplaram a categoria recordar.

Assim, nas descrições das impressões sobre a associação do conteúdo de isomeria óptica a um assunto do cotidiano e na identificação do que mais atraiu a atenção na abordagem proposta, notamos que somente o aluno A2V do período vespertino contemplou a categoria 1, recordar, enquanto no período noturno os alunos, A1N, A2N, A3N, A5N, A6N, A7N, A9N, A10N, A11N, A12N, A13N e A14N foram alocados nesta categoria, pois utilizaram as unidades de significado ao exporem as suas respostas ao questionário. Podemos observar em resposta representativa dos alunos A2V e A5N, fragmentos que nos encaminharam para alocação deles na categoria recordar:

A2V – *Podemos ver a isomeria óptica em medicamentos.*

A5N – *O que me chamou atenção é como o hidroxicloroquina está presente em nosso cotidiano, e como ele é formado.*

Segundo a Taxonomia de Bloom revisada, recordar envolve o aprender e o domínio do conhecimento, assim ao possibilitar uma nova informação, é esperado que o aluno desenvolva novas habilidades e atitudes, podendo reconhecer um fato específico de um conteúdo que o auxilie no desenvolvimento intelectual (FERRAZ; BELHOT, 2010). Neste sentido, em acordo com a adaptação que realizamos na Taxonomia Digital de Bloom para essa pesquisa, notamos que os estudantes que se encontram na categoria recordar, são os que reconhecem e conseguem estabelecer ligações da isomeria óptica aos medicamentos.

Considerando a teoria proposta e o exemplo presente do cotidiano promovidos nas aulas, foi notado que a abordagem CTS dos conceitos para os 13 alunos que contemplaram a categoria recordar, foi a esperada por esta pesquisadora, tendo em vista que, citaram em suas respostas as unidades de análise consideradas *a priori*. Assim, ao analisar a abordagem CTS acompanhada de exemplos presentes no cotidiano concluímos que, esta deve ser utilizada com maior frequência nas aulas de química para que os estudantes se habituem a compreender e visualizar os conceitos dos componentes curriculares da química estando presentes no seu dia a dia.

Tendo em vista, que no período vespertino 14 dos alunos não contemplaram esta categoria e 8 alunos do período noturno também, buscamos investigar nas respostas desses estudantes as perspectivas de atribuições realizadas a um assunto do cotidiano partindo da abordagem CTS, e se por meio delas conseguiam citar algo relacionado com a química, outros aspectos da isomeria óptica ou medicamentos aleatórios que foram abordados no decorrer das aulas.

A partir desta análise, surgiram três categorias emergentes, onde a categoria emergente um foi denominada de “Associa com outros aspectos do cotidiano”, e procuramos alocar os alunos que realizaram associações com demais aspectos citados nas aulas que poderiam indicar a presença da isomeria óptica. Na categoria emergente dois denominada “Não associa ao cotidiano” na qual os alunos alocados foram os que citaram em suas respostas aspectos que não estabelecem correlações com isomeria óptica e nem com o ensino CTS, e na categoria emergente três denominada de “Respostas sem sentido ou em branco”, foram alocados os alunos que em suas respostas não foi identificadas relações com os conceitos proporcionados e a abordagem utilizada como forma de proporcionar o conhecimento.

Para maiores esclarecimentos, iniciamos pela análise da categoria emergente

um “Associa com outros aspectos do cotidiano”, na qual buscamos associações com demais aspectos do cotidiano que poderiam indiretamente serem identificados como referentes da isomeria óptica e que foram citados durante a abordagem do conteúdo na aplicação da sequência didática. Portanto, os alunos A1V, A4V, A7V, A10V, A15N e A16N foram designados para essa categoria, pois citaram o espelho como um aspecto que lhe atraiu a atenção e acreditamos que, este fator foi considerado pelo estudante, pois foi um dos exemplos utilizados para explicar as condições que um isômero óptico deve apresentar.

Além disso, foi alocado na categoria um, os alunos que citaram o ácido láctico em suas respostas, que também é um exemplo que foi utilizado por estar presente no cotidiano do aluno, podendo ser observado na carne e no leite e possuir em sua estrutura um carbono quiral com quatro ligantes diferentes. Para justificar a consideração desses alunos nesta categoria, podemos observar a resposta representativa do estudante A4V e A15N.

A4V – *Explica um composto que muda ao refletir em um espelho.*

A15N – *Sobre a carne e o leite os dois tem o mesmo ácido mais funções diferentes.*

Para a categoria emergente dois, denominada de “Não associa ao cotidiano”, foram consideradas as respostas que não estabeleceram associação com nenhum dos conceitos químicos ou com os aspectos CTS apresentados na aplicação da sequência didática, estes não indicavam nenhuma interpretação no âmbito da química ou do cotidiano. Para os alunos A3V, A6V, A4N e A8N a interpretação da questão foi direcionada ao que chamou atenção na abordagem do conteúdo e estes direcionaram o destaque para a tecnologia e as imagens 3D utilizadas na abordagem dos conceitos e podemos ressaltar esse fato nas respostas representativas dos alunos A6V e A8N.

A6V – *Pela falta de tecnologia que ainda não faz isso sozinha.*

A4N – *O que me chamou mais atenção foi o uso da imagem para explicação.*

Alguns alunos foram alocados na categoria emergente três, a qual foi denominada de “Respostas sem sentido ou em branco”, devido a não emitirem uma explicação sobre as relações da abordagem CTS ao conteúdo da isomeria óptica e

não citarem as suas impressões relacionadas aos conceitos e ao assunto do cotidiano utilizado para promover a isomeria óptica. Esses alunos atribuíram respostas das quais foi considerada não passíveis de interpretação. Nesta categoria, foram alocados os alunos A11V, A12V, A17N e A18N e selecionamos a resposta do A11V como representativa devido a colocação do termo “não sei explicar” conforme pode ser observado em sua resposta.

A11V – Entendi e não sei explicar.

Assim, foi considerado que na aplicação da pesquisa, primeiramente o contato dos alunos foi com uma aula expositiva com abordagem contida em livros didáticos, onde o espelho e as mãos são utilizados para ilustração da isomeria óptica, deste modo, alguns alunos podem ter associado a isomeria ao reflexo no espelho e a outras substâncias também utilizadas para exposição dos conceitos, como o ácido láctico que é um isômero óptico presente na carne e no leite. Desta forma, foi possível observar, o porquê destes alunos associarem as suas impressões com outros aspectos que eles também consideram como parte do cotidiano, que podem ser atribuídos diretamente ou indiretamente a isomeria óptica e aos conceitos técnicos explicados e exemplificados.

No entanto, aos alunos que não estabeleceram as associações do conteúdo ao cotidiano e nem a abordagem CTS da isomeria óptica, foi observado que o que atraiu a atenção foi o uso das imagens e a exemplificação por hologramas, ou seja, a tecnologia. Deste modo, consideramos a falta de tecnologia no ambiente escolar, como a utilização dos recursos didáticos pedagógicos para aulas de química e como os alunos a veem quando aplicadas em sala de aula, pois, segundo Leite (2015, p.71) “Não poderá haver sociedade da informação sem cultura informacional e que o maior problema da inclusão digital não é a falta de computadores, mas o analfabetismo em informação”. Assim, mesmo possuindo aparelhos celulares, com inúmeros aplicativos, o uso de redes sociais é o que predomina na sociedade, enquanto outras formas de tecnologia ainda são negligenciadas e por isso, quando o aluno entra em contato com as NTDICs, sente-se impressionado e o uso da tecnologia se destaca pois, é o que mais impressiona e atrai a atenção.

Foi observado que a partir da categoria emergente três, foram apresentadas respostas sem sentido ou em branco. Nas respostas consideradas sem sentido,

podemos notar que os alunos do período noturno, mesmo não apresentando uma resposta complexa, descrevem que os hologramas atraíram mais a atenção, enquanto os alunos do período vespertino atribuem respostas como “não sei” e “não sei explicar”.

Diante do exposto, foi considerado que em um mesmo ambiente de sala de aula há alunos com diferentes formas de aprendizagem, enquanto uns são visuais e auditivos, outros podem se utilizar dos demais canais sensoriais para aprender. Assim, observamos que entre os alunos uns podem adquirir conhecimento partindo da leitura, escrita ou aplicando o conceito ou seja, realizando uma criação, no entanto, para a aplicação desta sequência didática não foi exigida percepções sensoriais, além da auditiva e da visão e posteriormente a escrita ao responder o questionário, estas formas de aprendizagem foram as abordadas devido a abordagem da TDC.

Na teoria da dupla codificação Sakoski e Paivio (2001), citam que embora muitas teorias contemporâneas da aprendizagem cognitiva sustentem que o conhecimento é abstrato e amodal, ou seja, derivado da experiência, mas sem relações contextuais de episódios particulares das quais o conhecimento foi abstraído, a relação entre conhecimento e memória são vistos como diferentes, porque enquanto o conhecimento é generalizado, a memória envolve aspectos específicos. Para as análises realizadas ao considerarmos a Teoria da Dupla codificação, podemos observar que essas abstrações podem se aplicar a uma variedade de episódios sem ocorrência de nenhuma lembrança em particular, essas abstrações podem existir como generalização verbal na forma de rótulos de palavras mentais e declarações que podem se referir a várias instancias, sejam, reais ou imaginárias.

Desta forma, segundo Sadoski e Paivio (2001), as imagens podem servir a funções simbólicas ou semióticas, na ajuda a concretizar os conceitos até então abstratos. Portanto, na abordagem CTS com a utilização de imagens holográficas 3D foi observado que os alunos ao visualizarem essas imagens holográficas, estabeleceram suas ligações aos conceitos relacionando-os diretamente com hologramas e não com a isomeria óptica, pois, em suas respostas atribuíram afirmações que representaram seus sentimentos perante o recurso didático pedagógico. Por outro lado, foi atribuída também, a falta de interesse no conteúdo da química e a limitação de contato a tecnologia no ambiente de ensino, pois, ao notar algo considerado novo e diferente, isto se torna atrativo para os estudantes que não possuíam contato anterior com o ensino mediado por aparatos tecnológicos.

Aos alunos que contemplaram a categoria recordar, consideramos que conseguiram associar e estabelecer conexões referenciais entre a narrativa do conteúdo e as imagens referenciais, pois, do ponto de vista da TDC, a organização da memória semântica parte direto da teoria, assim, representações mentais são organizadas em códigos verbais e não verbais, e as conexões referenciais entre esses códigos são as que fornecem variedades de alternativas de consolidação do conhecimento, através das palavras ou das imagens (SADOSKI E PAIVIO, 2001).

7.2 POTENCIAL DO RECURSO DIDÁTICO NA CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS

Neste tópico foi abordada a segunda questão desta pesquisa, na qual foi procurado identificar o estabelecimento de conexões entre a novidade do recurso didático pedagógico “pirâmide holográfica” e a interpretação realizada sobre o uso desse material educacional. Neste tópico, foi procurado evidenciar o potencial didático da pirâmide holográfica na construção de significados pelo aluno e como um aparato tecnológico em auxílio aos professores para utilização em suas aulas para contextualização dos componentes curriculares. Para esse estudo, foi abordada a categoria *a priori* compreender, e as respostas esperadas deviam estabelecer conexões entre os isômeros ópticos e a construção de memórias a partir de imagens holográficas desses isômeros, portanto para contemplar esta categoria, a resposta dos alunos devia conter as seguintes unidades de significado: entender.

Deste modo, para análise e alocação na categoria *a priori* compreender, foi considerada a questão dois do questionário direcionado aos alunos, na qual foi solicitada opiniões sobre a apresentação dos isômeros ópticos através de hologramas e foi solicitado aos estudantes que descrevessem os pontos positivos e negativos dessa abordagem.

Em sua maioria os alunos consideraram interessante a nova forma de exposição do conteúdo e de sua utilidade para a construção de memórias dos conceitos, desta forma, na categoria compreender observamos 3 alunos do período vespertino, sendo A4V, A5V e A7V, e 11 alunos do período noturno, A1N, A3N, A5N, A6N, A7N, A9N, A10N, A12N, A13N, A14N e A15N. Estes explicaram resumidamente as percepções sobre o recurso didático, que podem ser observados pelas respostas representativas dos alunos A5V e A10N:

A5V – ... é uma ótima forma de ensino que leva a mais **entendimento** por meio da prática de visualizar como funciona...

A10N – ... dá pra compreender mais sobre o assunto que estava sendo tratado e para até mesmo **entender** sobre os elementos da isomeria óptica.

Assim, foi notado que os alunos conseguem se posicionar sobre a ferramenta de ensino, considerando seu benefício no processo de aprendizagem, neste sentido, Leite (2015) atenta-nos para a importância do trabalho docente e o papel de facilitador no processo de ensino/aprendizagem, este, possuindo conhecimento desenvolvido para adequação da tecnologia ao conteúdo a ser ensinado e aos propósitos que deseja alcançar no desenvolvimento da aprendizagem cognitiva de seus alunos.

Embora, em sua maioria todos aparentaram apreciar a explicação do conteúdo com o aporte da pirâmide holográfica como recurso didático pedagógico, foi objeto de atenção e então foi procurado os aspectos positivos e negativos nessa forma de transposição dos conceitos, assim, surgiram 3 categorias emergentes a partir da questão dois. Para a categoria emergente um, a denominamos de “Pontos positivos na abordagem com hologramas”, os alunos que contemplaram esta categoria foram aqueles que em suas respostas pontuaram aspectos positivos como a facilidade proporcionada pelo recurso didático para o entendimento dos conceitos. Na categoria emergente dois denominada de “Pontos negativos na abordagem com hologramas”, alocamos os alunos que em suas respostas apresentam aspectos que podem ser melhorados desde a construção do recurso didático, até a forma de exposição das imagens 3D. A categoria três, alocou os alunos que não expressaram respostas com opiniões e nas respostas emitidas não foi possível gerar compreensão pela pesquisadora diante aos conceitos abordados, essa categoria foi denominada de “Respostas sem interpretação ou em branco”.

As categorias emergentes visam observar os apontamentos dos alunos pois, desta forma será possibilitado o aprimoramento do recurso didático pedagógico, o vídeo que foi elaborado e a abordagem utilizada pelo professor, assim, garantindo a qualidade no ensino da isomeria óptica.

Neste sentido, na categoria emergente um “Pontos positivos na abordagem com hologramas”, buscamos respostas que apresentassem aspectos positivos observados pelos alunos na exemplificação dos conceitos da isomeria óptica e visamos assim, assegurar o potencial do recurso didático para o ensino dos conceitos

da isomeria óptica e demais componentes curriculares da química que possuem abstrações e podem utilizar-se deste recurso pedagógico para serem abordados em aulas. Nesta categoria foram alocados os alunos A1V, A2V, A2N, A11N e A16N, pois expressaram pontos positivos que podemos levar em consideração e estes podem ser observados a partir dos fragmentos das unidades de análise dos alunos A2V e A11N descritos abaixo:

A2V – ...fica muito melhor de ser entendido com o holograma do que com a explicação no quadro.

A11N - ... é mais didático e maleável, já que pode se ensinar, vários assuntos e deixá-los atrativos.

Ao abordar os pontos positivos, foi observada que a maioria dos alunos citam a praticidade e a visualização eficaz da projeção, desta forma foi considerado que o recurso didático pedagógico pirâmide holográfica pode gerar uma maior compreensão dos isômeros, facilitar o entendimento dos conceitos e colaborar com o processo da aprendizagem. De acordo com Giordan (2008, p. 128), “do ponto de vista da teoria do conhecimento, a simulação conjugada a visualização conduz a uma mudança de fundo no estatuto do fenômeno de grande potencial para educação em Ciências”, assim o aluno é favorecido, pois ao aproximar a narrativa dos fenômenos estudados pode haver a contribuição no domínio dos conceitos.

Além dos benefícios do recurso didático, foi analisada possíveis falhas, seja na aplicação dos conceitos pelas imagens ou por parte da narrativa, assim, ao abordar os pontos negativos nesta forma de transposição do conteúdo, foi com a intenção de proporcionar uma melhoria na produção do vídeo, na narrativa que o acompanha e na confecção do protótipo do recurso em si. Assim, surgiu a categoria emergente dois que foi denominada “Pontos negativos na abordagem com hologramas”, onde foram alocados os alunos A3V, A8V, A9V, A10V, A4N, A8N e A21N, e a partir da interpretação dos fragmentos das unidades de análise das respostas emitidas, foi possível identificar falhas no recurso didático essas podem ser observadas na resposta representativa dos alunos A3V, A9V, A4N, A21N.

A3V – ... se você estiver na quina da pirâmide você não enxerga.

A9V – ... poderia ter apresentado mais compostos.

A4N – ... as imagens ficaram um pouco falhadas.

A21N – ... a resolução do diagrama era muito baixa, por esse motivo o diagrama ficou borrado e também do lado que eu estava a imagem estava ao contrário.

Desta forma, os pontos negativos apresentados pelos alunos são levados em consideração, pois, permitem o ajuste e o aprimoramento do recurso didático de forma que este possa favorecer as explicações dos conceitos da isomeria óptica como também facilitar a compreensão do aluno frente a esses conceitos abordados, possibilitando o favorecimento da formação de conexões e uma apropriação adequada do conteúdo abordado na sequência didática.

No entanto, os alunos A6V, A11V, A12V, A13V, A14V, A15V, A17N, A18N, A19N e A20N contemplaram a categoria emergente 3 denominada “Respostas sem interpretação ou em branco”, na qual foram consideradas as respostas emitidas não passíveis de interpretação com relação ao conteúdo e as respostas em branco ou sem atribuição de sentido relacionado ao objetivo da questão. Entre as respostas sem possibilidade de interpretação podemos citar os A12V e A17N.

A12V – Entendi, mas não sei explicar.

A17N – Foi incrível.

Para a análise, foi considerado que por não haver obrigatoriedade em emitir respostas as questões e pela participação voluntária na pesquisa, esses alunos não desenvolveram interesse em cooperar, atribuímos essa observação com base na resposta do aluno A12V que afirma ter entendido e não saber explicar. Assim, foi considerado que este, não consiga colocar no papel as observações ao longo da aplicação da pesquisa e podemos refletir que no caso deste estudante seria necessárias maiores orientações para a emissão de uma resposta coerente que partisse das suas percepções sobre a abordagem ofertada nas aulas.

Diante do exposto, podemos considerar que o recurso didático pedagógico requer melhorias, seja na estrutura, na narrativa que acompanha as imagens ou na elaboração do vídeo, que neste sentido, poderia ter ofertado mais imagens de diferentes isômeros ópticos para os alunos abrangerem e expandirem a visão espacial. Portanto, é sugerida a construção da pirâmide holográfica em conjunto com

os estudantes, partindo da interdisciplinaridade e abordando conceitos dos componentes curriculares da física e da matemática.

7.3 OPINIÃO DOS ESTUDANTES SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DE IMAGENS HOLOGRÁFICAS PARA O ENSINO DA ISOMERIA ÓPTICA E VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A partir deste tópico buscamos a opinião dos alunos sobre a contribuição das imagens holográficas para o ensino da isomeria óptica e observamos como estes reagiram ao ensino proporcionado a partir de sequência didática com abordagem CTS, a qual fez parte da abordagem dos isômeros por meio da pirâmide holográfica e a opinião deles diante a forma de ensino que foi proposta em duas aulas. Neste âmbito, eles responderam se consideravam que as explicações acompanhadas das imagens holográficas contribuíram para o aprendizado e opinaram sobre a forma de ensino dos conceitos que foi programada partindo da sequência didática com abordagem CTS disponível no Apêndice A.

Para análise das respostas, alocamos na categoria a *priori* aplicar, onde foram observados os sentimentos expressados com relação ao recurso didático e se o uso da novidade em forma de tecnologia contribuiu na construção do conhecimento, esta categoria visou a validação da sequência didática que foi desenvolvida para o ensino da isomeria óptica. Deste modo, foram alocados na categoria a *priori* aplicar os alunos que citaram em suas respostas os fragmentos de análise: imagem, aprender e conseguir, e com exceção dos alunos A11V à A15V do período vespertino, e dos alunos A17N à A20N do período noturno, os demais estudantes expressaram opiniões positivas em relação a aula que lhes foi promovida e consideraram que o recurso auxiliou na aprendizagem, como pode ser observada nos fragmentos de análise das respostas dos alunos A1V, A2V, A3N, A10N e A15N.

A1V – ... na minha opinião é mais fácil seja de aprender ou ensinar.

A2V – ... com a imagem holográfica fica muito melhor, espero que chegue na escola um dia.

A3N – ... importante pois ao visualizar as imagens a compreensão do conteúdo se torna mais simples.

A10N – ... pelo fato em que até mesmo você consegue ver como é a isomeria óptica e seus elementos.

A15N – ... ela foi muito *bem elaborada e aprendi e entendi melhor*.

Conseqüentemente, foi considerada que a seqüência didática na elaboração e na organização da aula é um fator importante a ser ponderado por professores do ensino da química, pois segundo Zabala (1998, p.20), a organização do conteúdo permite a articulação de atividades diferentes, variadas formas de intervenção e ainda “podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhes atribuir”. Assim, partindo de uma forma estruturada, onde os alunos são orientados a perceber o acontecimento dos fenômenos, e podem participar da aula contribuindo com a construção do conhecimento, consideramos que uma seqüência didática estruturada colabora com a comunicação entre aluno e professor, além de auxiliar no estabelecimento de vínculos afetivos que torna o ambiente de aprendizagem agradável favorecendo as conexões entre os conceitos e suas relações com o cotidiano.

No entanto, foi notado nas respostas ao questionário, que os estudantes não têm um contato frequente com as NTDICs na escola, assim, partindo da nossa interpretação, surgiram três categorias, que emergiram a partir das unidades de análises, nas quais apresentam as impressões dos alunos em contato com a tecnologia a partir da abordagem do conteúdo e das imagens holográficas voltadas ao ensino da química. Deste modo, na categoria emergente um buscamos aspectos em que os alunos atribuíram e expressaram palavras ou frases que indicassem como interpretaram a abordagem do ensino com o uso da tecnologia e a denominamos de “Abordagem do conteúdo”. Na categoria emergente dois, alocamos os alunos que ao depararem-se com o uso da tecnologia para abordagem do conteúdo, a partir de suas respostas consideraram a aula da qual participaram como uma aula prática, desta forma denominamos esta categoria como “Aula prática”. E na categoria emergente três alocamos os alunos que não emitiram respostas de acordo com o que era esperado pela pesquisadora, essas respostas foram consideradas confusas, visto que não contemplavam a abordagem da aula ou foram simplesmente deixadas em branco, esta categoria foi denominada como “Respostas confusas e em branco”.

Assim sendo, para a análise da categoria emergente um “Abordagem do Conteúdo”, foi considerado aspectos em que os alunos expressaram a partir de

palavras ou frases a forma como realizaram a interpretação dos conceitos com a utilização da tecnologia por meio do recurso da pirâmide holográfica na sala de aula. Contemplaram essa categoria os alunos A3V, A5V, A8V, A2N, A5N e A13N, pois suas colocações foram marcantes e podemos notar a partir do relato destes alunos que estão descritos abaixo:

A3V – ... *essa forma faz com que o aluno ter mais interesse.*

A5V – ... *seria uma ótima forma a ser explicado no ensino.*

A8V – ... *é bom sair da rotina de explicações em sala, fazer atividades diferentes...*

A2N – ... *é uma forma nunca vista por mim, então é muito bom conhecer essa nova plataforma de aprendizado.*

A5N – ... *por ser uma “inovação” a uma atenção maior para o assunto.*

A13N – ... *as escolas deviam intensificar o ensino com uso de imagens holográficas.*

No entanto, apesar dos alunos alocados na categoria emergente se expressarem de forma positiva frente a abordagem do conteúdo por meio da tecnologia, foi observado pela pesquisadora que o uso da tecnologia em sala de aula aplicada ao ensino causa uma sensação de entusiasmo, e foi notado a partir das respostas dos alunos que eles não realizam um contato frequente com diferentes métodos de ensino com o aporte das NTDICs.

Foi observado em sala de aula que o ensino expositivo ainda é predominante no meio educacional e para uma eventual mudança nesse cenário, Freire (2006) argumenta que, o educador deve se identificar com os seus educandos e pensar o ensino não somente como exposição do conteúdo para meros ouvintes e sim em algo autêntico que desperte o interesse e não oprima os alunos na construção do conhecimento. Neste âmbito, as NTDICs aplicadas ao ensino por meio de uma sequência didática elaborada para esse objetivo podem favorecer na construção do conhecimento. Leite (2015), retrata que ao nos depararmos com as novas tecnologias, em primeiro momento há situações de desconfiança e rejeição, mas aos poucos esta pode fazer parte da sociedade educacional partindo da incorporação nas práticas pedagógicas.

Por analogia, na categoria emergente dois denominada de “Aula prática”, foi

considerado os alunos que ao participarem da aplicação da pesquisa com a utilização da tecnologia em foco para a abordagem do conteúdo, a associaram com uma aula prática, assim contemplaram esta categoria os estudantes A10V, A6N e A14N, devido as expressões utilizadas em suas respostas aqui representadas:

A10V – ...em *aula prática* alguma coisa se aprende melhor.

A6N – ... *ver na prática* facilita o aprendizado.

A14N – ... torna a aula *uma verdadeira experiência* para os alunos.

Assim sendo, foi observado que ao considerar a aula ministrada uma aula prática, estas no ensino médio também não são frequentes, pois a escola onde estudam não possui laboratório para que sejam realizadas, e segundo a Lei de Diretrizes e Bases (LDB, 2020, p.25) do ensino médio, na seção IV, do seu artigo 35, Inciso IV, a escola deve proporcionar aos alunos “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”, assim, nos atentamos para a formação do professor, o qual, mesmo encontrando falhas estruturais nas escolas, podem inovar e proporcionar ao aluno a teoria e prática por meio de estratégias de ensino, as quais podem ser aplicadas em espaços adaptados, ou seja, capaz de transformar a realidade do aluno e lhe proporcionar experiências diversificadas no processo escolar.

Logo, na categoria emergente três denominada como “Respostas confusas e em branco”, foram alocados os alunos A11V, A12V, A13V, A14V, A15V, A1N, A17N, A18N, A19N, A20N e A21N, pois, com exceção dos estudantes A1N e A16N, os demais não emitiram respostas que correlacionavam o conteúdo a tecnologia, ou somente expressassem a tecnologia, em sua maioria, esses estudantes omitiram-se em suas respostas deixando-as em branco. No entanto, partindo da resposta do A1N e do A16N, os alocamos na categoria três, por emitirem respostas aleatórias de cunho qualitativo em relação aos sentimentos com o panorama da aula e o uso da tecnologia, estes não consideraram somente as imagens holográficas e uma aula prática como podemos observar nas respostas transcritas abaixo:

A1N – ... *holografia é uma técnica de registro de interferência de luz.*

A16N – *Depende muito de pessoa para pessoa, no meu caso tenho facilidade de entender em coisas ou desenhos planejados.*

Foi observado, no caso do aluno A1N, que cita que “holografia é uma técnica de registro de interferência de luz”, que este atribui essa concepção referente ao recurso didático por se interessar pela técnica utilizada para a construção da pirâmide holográfica e reprodução das imagens. Devido a isso, se houvesse mais citações neste sentido, seria considerado que o recurso e a forma com que é utilizado atrai mais atenção que o conteúdo, no entanto, com a ocorrência de somente esta citação, foi analisado que este estudante aprecia a tecnologia e por isso estabelece uma referência com a técnica de holografia e não com os conceitos abordados na aula. Foi notado que este aluno não expressou a opinião sobre a aula em si e a maneira que foi abordada, devido a isso foi alocado na categoria emergente três, pois não havia aspectos em sua resposta que o encaminhasse as demais categorias.

Em vista disso, foi observado que a sala de aula é composta por variados alunos, deste modo, foi considerada a forma como estes aprendem, ou seja, cada um possui um estilo de aprendizagem e como essa pesquisa buscou abordar os estilos visuais, verbais, estimulados pelo sistema auditivo. Devido a esses fatos, foi atribuído que o aluno A16N ao participar da aula com a abordagem por meio da tecnologia, não se adaptou a esta, pois ele declarou que prefere “*coisas ou desenhos planejados*”, este estudante pode possuir dificuldade de visualização com imagens em 3D, e tende a não conseguir interpretar as estruturas e as imagens que estão sendo utilizadas para abordagem dos conceitos e ainda não atribui interpretação a partir da narração a elas. Devido a isso, é possível considerar que para o uso da tecnologia em sala de aula, esta pode ser acompanhada de abordagem no quadro branco e em livros, pois, deste modo alunos com diferentes estilos de aprendizagem podem assimilar o conhecimento.

Isto posto, foi notado que os alunos, em sua maioria, conseguem emitir e expor opiniões sobre o uso do recurso didático pedagógico utilizado para possibilitar o conteúdo a partir de sequência didática com abordagem CTS, e por conseguinte, atribuímos que a sequência didática que foi elaborada para essa pesquisa e aplicada com a utilização da tecnologia proporcionada pela pirâmide holográfica, foi compreendida pela maioria dos alunos, e atingiu os objetivos que eram esperados pela pesquisadora. Portanto, foi considerada validada a construção desta sequência didática com abordagem CTS e utilização da tecnologia para atingir os objetivos do ensino da isomeria óptica e podemos considerar esta como contribuinte ao professor

ao promover o ensino e ao aluno ao adquirir o conhecimento sobre a isomeria óptica.

7.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÕES COM OS CONCEITOS DA ISOMERIA ÓPTICA

A partir da verificação e das análises dos tópicos anteriores onde foi considerada a abordagem CTS, o uso de recurso didático pedagógico de pirâmide holográfica e a sequência didática foi possível observar o potencial desta abordagem para o ensino da isomeria óptica. Portanto, a partir deste tópico, considerando a categoria *a priori* analisar elaborada a partir da questão quatro do questionário que foi disponibilizado aos alunos, e com o intuito de analisar se os estudantes conseguiram estabelecer correlações com os conceitos da isomeria óptica, foi solicitado que eles descrevessem se o protótipo de holograma auxiliou na identificação do carbono quiral e na definição dos isômeros ópticos e seus enantiômeros levógiros e dextrógiros, e se contribuiu para apropriação dos conceitos.

Para esta análise era esperado que os alunos justificassem as respostas com fragmentos como: isômeros ópticos, carbono quiral, enantiômeros e mistura racêmica. Assim, nesta categoria foi evidenciada as respostas dos estudantes que conseguiriam expressar informações ligadas a conceitos aprendidos durante a aula, indicando ou não, se conseguiram estabelecer essas correlações, com o objetivo de investigar se a abordagem contribuiu na promoção do conhecimento.

Desta forma, ao interpretar as unidades de análise notamos que somente um aluno do período vespertino A5V e sete do período noturno A1N, A2N, A8N, A11N, A14N, A15N e A16N conseguiram atribuir correlações aos conceitos abordados em aula. Essa observação foi realizada a partir dos fragmentos de análise aqui apresentados partindo da resposta dos alunos A5V, A1N e A11N.

A5V – *O carbono quiral sim, pois ficou bem visível os 4 elementos diferentes, mas não entendi muito sobre ver o L e o D, mas entendi que um desvia luz para a esquerda e outro para a direita.*

A1N – *... os isômeros ópticos são capazes de desviar a luz polarizada.*

A11N – *... O quiral deu para entender, mas levógiros e destrógiros não consegui entender, já que os lados estavam ao contrário, então ficou complicado.*

Notamos, que esses alunos conseguem estabelecer alguma correlação com o

conteúdo abordado nas aulas, no entanto, foi observado que a maioria dos alunos não alcançou o mesmo nível de interpretação e descrição que indicassem a apropriação dos conceitos, pois expressaram em suas respostas somente opiniões pessoais. Um fator importante a ser destacado neste tópico com relação ao ensino da química orgânica que está no componente curricular do ensino médio é que, os estudantes participantes desta pesquisa não haviam realizado o contato com o estudo do estereoisomerismo até o momento que foi realizada a abordagem por esta pesquisadora, portanto, é importante destacar que para uma aprendizagem ampla dos conceitos da isomeria óptica seria necessário uma base teórica solidificada com relação aos conceitos básicos da química orgânica e os conceitos da estereoisomeria que antecedem o conteúdo da isomeria óptica. Verificamos que, a falta de uma base solidificada influenciou na descrição dos alunos os quais em sua maioria não conseguiram descrever em seus textos aspectos da teoria que foram adquiridos com a aplicação desta pesquisa.

Neste sentido, atribuímos que mesmo com uma aula expositiva com abordagem no quadro e utilização de desenho de fórmulas e estruturas em 2D e após, a utilização de pirâmide holográfica acompanhada de narrativa dos principais conceitos para promoção do conteúdo, à escassez de referenciais sobre a química orgânica e o estereoisomerismo, foram responsáveis pela omissão de alguns alunos ao atribuírem resposta ao questionário, pois, ao não possuírem em sua estrutura cognitiva algum tipo de referencial para uma associação relevante, não conseguem estabelecer uma correlação com os conceitos da isomeria óptica (LEITE, 2015).

Assim, foi procurado aspectos que descrevessem como alguns dos alunos se posicionaram em relação aos conceitos que foram promovidos em aula expositiva e com a utilização do recurso didático e a partir das justificativas emitidas por eles, buscamos uma interpretação na qual detalhamos em três categorias que emergiram. Deste modo, na categoria emergente um, foram alocados os alunos que afirmaram entender os conceitos a partir da abordagem com a pirâmide holográfica, mas em suas justificativas não estabelecem correlações a isomeria óptica, essa categoria denominamos de “Afirma que obteve entendimento com utilização do recurso didático”. Na categoria emergente dois, a qual denominamos de “O recurso didático não influenciou no entendimento dos conceitos”, alocamos os alunos dos quais foi observado em suas respostas aspectos em que consideraram não haver influência na exposição dos conceitos a partir do recurso didático. Na categoria emergente três,

alocamos os alunos que não responderam e não justificaram as respostas que eram esperadas a questão quatro, impossibilitando assim, uma análise mais aprofundada pela pesquisadora, esta categoria a denominamos de “Respostas sem sentido”.

Deste modo, na categoria emergente um, alocamos os alunos que afirmaram que entenderam os conceitos que foram abordados com a utilização do recurso didático, no entanto, estes estudantes não mencionam e não emitem uma justificativa relacionada a esses conceitos. Nesta categoria, alocamos os alunos A3V, A4V, A6V, A6N, A10N e A13N, e em suas respostas foram observadas as associações emitidas e as interpretações que realizaram.

A3V – ... *ficou mais fácil o entendimento.*

A4V – ... *mostra de uma forma simples e com imagens facilita o entendimento.*

A6V – ... *o uso da imagem mostrou detalhadamente como ocorre.*

A6N – ... *cada um estava com uma cor diferente e ajuda a pessoa a lembrar cada ponto separado.*

A10N – ... *deu para conseguir diferenciar o que era cada um e no que eles eram responsáveis.*

A13N – ... *Porque dá para ver os lados isso torna mais fácil.*

Analisando as respostas atribuídas a categoria um, foi considerado que ao responderem a questão quatro os estudantes interpretaram somente o “porquê” presente na questão, não justificando o conhecimento especificamente relevante com que haviam realizado o contato e possivelmente adquirido, de acordo com Gil (1999, p.128), ao definir questionário, este é uma “técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito as pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc” e possui pontos negativos que envolvem a aplicação desses questionários, entre eles a obtenção de resultados críticos envolvendo os objetivos esperados, pois para cada indivíduo pesquisado a pergunta dirigida pode produzir diferentes significados.

Desta forma, podemos considerar a interpretação da pergunta não foi realizada de acordo com o que era esperado pelo pesquisador, tendo em vista que o questionário foi elaborado empiricamente, não podemos atribuir que a forma como o questionamento foi elaborado não indicava o caminho assertivo da interpretação pois,

conforme observado, alguns dos alunos contemplaram a categoria a *priori*, associando as respostas ao que era esperado.

Já na categoria dois, consideramos alunos que afirmaram que a exposição dos conceitos com a utilização do recurso didático não foi relevante e não influenciou na construção do conhecimento, assim, nesta categoria alocamos os alunos A1V, A8V e A10V, devido aos mesmos não emitirem sinais de interpretação da questão e não atribuírem respostas de acordo com o que esperávamos.

A1V – ... *não achei que ficou muito diferente do que foi explicado no quadro, mas com certeza ajudou um pouco.*

A8V – ... *não lembro da explicação.*

A10V – ... *já tinha entendido.*

A16V – *Entendi mas não sei explicar, desculpa.*

A17N – ... *a imagem estava nítida.*

Com relação a categoria dois, subentendemos que, o aluno A10V, obteve compreensão anteriormente a exposição dos modelos por meio do recurso didático da pirâmide holográfica pois na aplicação da sequência didática disponibilizamos aos alunos uma aula expositiva e dialogada, no entanto, ao afirmar que já havia entendido os conceitos o estudante o não justifica e nem expõe o porquê. O aluno A8V, afirmou não lembrar da explicação, supomos que ele possua dificuldades em memorização ou não prestou atenção a aula, ou seja, presume que este possua barreiras culturais, cognitivas ou emocionais, que possam impossibilitar suas capacidades de se atentar ao que está sendo exposto através de uma explicação. Neste contexto Smith e Strick (2012, p.17), corroboram ao relatar que mesmo havendo dificuldades na aprendizagem, isso não impede o aluno de inteirar-se ao meio que está convivendo, no entanto, acabam se tornando frustrados e desistem de aprender, buscando estratégias para evitar situações que condizem com a aprendizagem, o mesmo pode ser aplicado ao aluno A16V que afirma que compreendeu os conceitos, porém não consegue explicar.

Desta forma, nos atentamos sobre as capacidades de aprendizado e o isolamento desses alunos que não expressam o conhecimento, e podemos atribuir, as dificuldades do professor no ambiente de ensino com diferentes potenciais de aprendizagem entre seus alunos. Devido a isso, ressaltamos a necessidade de

diferentes abordagens durante a aula a qual abrangesse os diferentes estilos de aprendizagem dos alunos, no entanto, para isso seria necessário relações afetivas pré-estabelecidas entre professor e aluno, pois assim o professor poderia reconhecer as dificuldades apresentadas por eles no decorrer do ano letivo.

De acordo com Paivio (1971), as visões atuais de significado e compreensão na alfabetização evoluíram, nos afastando da extração de significantes dos estímulos propostos visando formar uma compreensão ativa que possa cooperar na aprendizagem na utilização tanto do canal verbal, quanto de situações não verbais. Assim, acreditamos que a Teoria da Dupla Codificação aplicada ao ensino de estudantes com dificuldades em aprendizagem pode ser eficaz, no entanto, no caso de alunos com dificuldades de aprendizagem seriam exigidas diferentes estratégias e um longo trabalho para que o conhecimento seja consolidado.

Neste sentido, na categoria emergente três, foram considerados os demais alunos que não emitiram respostas coerentes ou passíveis de interpretação ou deixaram em branco, que foram A2V, A7V, A9V, A11V, A13V, A14V, A15V, A3N, A4N, A5N, A7N, A9N, A12N, A18N, A19N, A20N e A21N. Acreditamos que devido a solicitação dos conceitos aos quais haviam realizado o primeiro contato, os alunos não se apropriaram de forma que pudessem descrever no questionário e abstiveram-se da resposta a questão quatro.

Foi observado que, os alunos não sentiam-se seguros em expor suas respostas, devido a possíveis julgamentos dos leitores dessa dissertação ou do pesquisador, pois, segundo Mariani (2016, p. 50-51), existem relações vacilantes “entre sujeito, língua materna e língua nacional, uma relação vacilante que se manifesta na forma de um preconceito que o sujeito identifica em si mesmo”, assim, evita expressar uma opinião que serão vistas e poderão ser julgadas, segundo a autora que é da área da linguística, ao evitar se expressar os sujeitos se remetem a uma negativa que é criada socialmente a partir de correções e sátiras em relação a um posicionamento errôneo, assim, ao evitar se pronunciar, mesmo que por texto o aluno evita julgamentos e exposições a possíveis preconceitos que possivelmente já vivenciaram.

7.5 A CONTRIBUIÇÃO DAS IMAGENS PARA O ENSINO EM GERAL E O ENSINO DA QUÍMICA E DA ISOMERIA ÓPTICA

A partir deste tópico, foi considerada a contribuição das imagens 3D acompanhadas de narração ao processo de ensino, as quais na concepção desta pesquisadora contribuíram para a abordagem do conteúdo ao proporcionar uma visão abrangente dos conceitos da isomeria óptica e colaborar com a narração dos conceitos que foram promovidos aos alunos.

Neste sentido, foi observado na concepção dos alunos, se consideraram que houve construção do conhecimento e se este foi facilitado com ou sem a utilização das imagens 3D e o porquê, e foi procurado compreender se o uso das imagens na percepção dos estudantes colaborou para lembrar o conteúdo estudado e para isso, de acordo com a resposta deles, solicitamos que descrevessem o porquê.

Para esta análise, foram englobadas as questões 5 e 6, que foram analisadas de acordo com a categoria *a priori* avaliar, onde eram esperadas respostas nas quais pudessemos primeiramente apontar críticas e reflexões sobre a aprendizagem com a utilização das imagens 3D e seguidamente, emitir considerações sobre o uso dessas imagens para o ensino de conteúdos da química que possuem abstrações, como a isomeria óptica, assim, todos os aspectos analisados partiram das produções descritas pelos alunos e foram interpretadas de acordo com os fragmentos expostos em categorias de análise.

Por conseguinte, ao descrever as respostas dos estudantes em relação a questão 5, estabelecemos unidades de análise para alocar os alunos nesta categoria como: facilitar, acessar e lembrar. A partir dos fragmentos de análise, foi realizado um estudo, no qual apontou que entre os alunos do terceiro ano do ensino médio noturno o uso das imagens 3D reproduzidas pela pirâmide holográfica foi potencialmente favorável para facilitar a visualização e contribuir com a aprendizagem, no entanto no período vespertino os alunos A1V, A7V, A8V acreditam que com as imagens 3D não houve modificações ou representatividade na aprendizagem. Podemos observar essas observações na transcrição das respostas dos alunos A1V, A7V e A8V.

A1V – *Na minha opinião as duas formas são um bom jeito de aprender e entender o assunto.*

A7V – *“Com as imagens fugiu um pouco do cotidiano”.*

A8V – *“Não entendi a matéria, como funciona os pontos”.*

Deste modo, foi considerado pelo pesquisador os diferentes estilos de

aprendizagem e que em sua maioria os alunos do período vespertino não aprendem somente através da visualização e narração, assim, poderia haver a inserção da escrita na aula para que estes fixassem o conteúdo e compreendessem os conceitos, no entanto, para isso, esta pesquisadora deveria ser professora das turmas, o que não se aplicou nessa pesquisa conforme descrito na metodologia. Todavia, a maioria dos estudantes afirmaram, de acordo com as suas concepções que o uso das imagens 3D facilitou a compreensão dos conceitos, podemos observar nas respostas representativas dos alunos A5V, A6N e A11N.

A5V – ... o **entendimento** além de ser através de ouvir, também foi visto como funciona.

A6N – **Facilita** com a utilização de imagens 3D, porque cada ponto está com uma cor diferente isso ajuda mais a **lembrar**.

A11N – Com a imagem 3D ficou mais **acessível**.

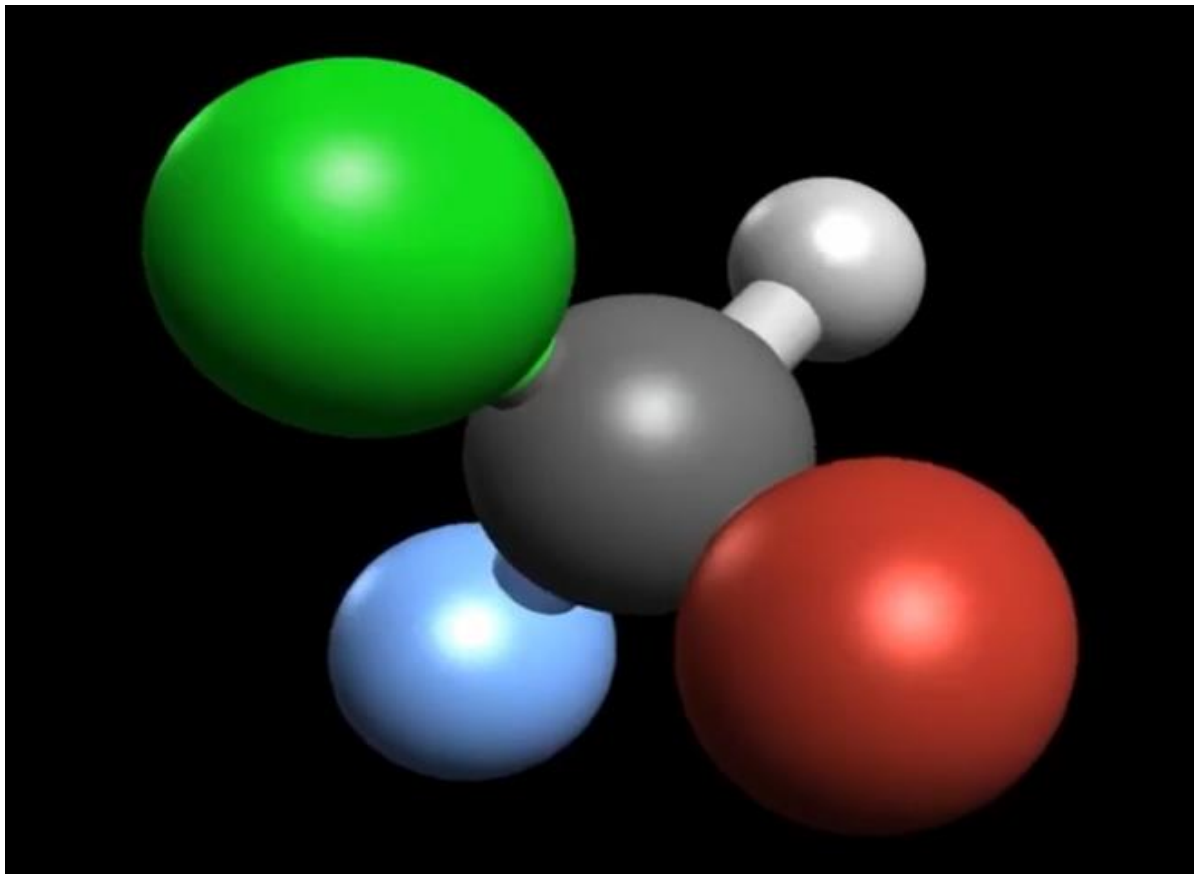
Com relação ao aluno A6N, o qual cita as cores, podemos observar na figura 9, que ao exemplificar o carbono quiral holograficamente, representamos o modelo bola bastão, no qual foi utilizado quatro cores para demonstrar as ligações do carbono com os diferentes elementos, atribuindo assim, a quiralidade e demonstrando que esse fator é o que torna um composto opticamente ativo.

De acordo com Paivio (2006), na Teoria da Dupla Codificação as palavras são difíceis de imaginar e a possibilidade de serem duplamente codificadas é menor, no entanto, as imagens são códigos não verbais com potencialidade e quando adicionado uma palavra que esteja ligada a uma imagem a probabilidade de se obter uma resposta a partir da linguagem é maior, pois um estímulo pode encaminhar para essa resposta.

Deste modo, foi observado que para os alunos do período noturno a utilização das imagens 3D atuou como contribuintes na construção do conhecimento, pois de acordo com Sadoski e Paivio (2001), quando utilizamos a narração simultaneamente a apresentação de imagens, estruturas representacionais e associativas conduzem a aprendizagem associativa, assim resultando em estruturas integradas e aumentando a probabilidade de conexões entre as representações, desta forma quando uma palavra for falada, escrita ou uma imagem for visualizada o sistema verbal ou o sistema não verbal serão ativados gerando a associação com o que foi apresentado

ao aluno.

Figura 18 - Representação do carbono quiral.



Fonte – A Autora.

Assim, foi notado que atributos das imagens são resgatados na memória do aluno A6N, facilitando a visualização e a compreensão do fenômeno. Neste sentido, foi observado que as imagens têm a capacidade de convencimento e é persuasiva, porém para que ocorra uma maior interpretação por parte dos estudantes, estes devem ser incentivados no desenvolvimento da leitura e interpretação destas imagens, Piccinini (2012, p. 151), cita que, “...a habilidade de leitura de imagens precisa ser tratada como algo que deve ser aprendido na escola”. Consideramos que, a existência de experiências prévias com leitura e interpretação de imagens pode facilitar a atribuição de sentidos e significados por parte do aluno, os auxiliando na construção do conhecimento.

Em continuidade na questão seis, foi solicitada a opinião dos alunos sobre o uso dessas imagens para ativar a lembrança do conteúdo estudado, se elas

colaboram no ensino e o porquê, e constatamos que a maioria dos alunos afirmaram que as imagens facilitam a ativação da lembrança, no entanto, a partir desta questão emergiram novas categorias, nas quais foi destacado os apontamentos dos alunos sobre a contribuição das imagens ao ensino, para esta análise esta pesquisadora considerou o ensino da química em geral e o ensino do conteúdo específico da isomeria óptica que foi utilizado nesta abordagem.

Assim, a categoria emergente um a qual denominamos de “Ensino em geral”, alocamos os alunos que atribuíram a contribuição das imagens ao ensino da química em geral como contribuintes na ativação da lembrança dos conceitos. Na categoria emergente dois foram alocados os alunos que atribuíram a contribuição das imagens somente a conceitos específicos utilizados na abordagem da isomeria óptica, assim a denominamos de “Isomeria óptica/imagens 3D”. Já na categoria emergente três, a qual denominamos de “Não lembra/Não respondeu”, alocamos os alunos que não emitiram considerações e contribuições de respostas a questão seis.

Deste modo, na categoria emergente um, foi observada as idealizações dos alunos em consideração a contribuição das imagens no ensino em geral, com o intuito de analisar se eles consideraram as imagens para relacionar conceitos ao aprendizado e ativar a memorização dos conteúdos que aprenderam. De acordo com as unidades de análise, nesta categoria foram alocados os alunos A2V, A3V, A4V, A8V, A9V, A2N, A4N, A6N, A7N, A10N e A16N, pois emitiram considerações significativas considerando o uso das imagens para a recordação do conteúdo e podem ser observadas nas unidades de análise abaixo:

A2V – ... se a imagem for vista em uso de prova, talvez você lembra do conteúdo em si.

A3V – ... se o aluno consegue entender melhor com imagem ela vai lembrar na hora de uma questão.

A8V – ... facilita para lembrar fórmulas usadas com os nomes.

A2N – ... é mais fácil lembrar pois você pode rever e lembrar o conteúdo.

A4N – ... o aluno consegue ficar com ela mais tempo na cabeça.

A7N – ... com imagens você consegue lembra mais fácil do conteúdo estudado.

A16N – ... a utilização busca a recordação do conteúdo ou desenvolvido do assunto estudado ou apresentado.

Foi observado que os alunos alocados na categoria um, foram os que consideraram ao responder à questão o uso das imagens no ensino em geral, e entre eles uma das respostas que nos despertou atenção foi a do aluno A2V, o qual considerou o uso de imagens em provas para lembrar do conteúdo. Deste modo, consideramos que as imagens possam fazer a mediação para ativação da lembrança do estudante, e segundo Tavares (2010), as imagens podem funcionar como conexão, despertando o cognitivo e servindo como suporte para a agregação e apropriação de novos conceitos, e estes podem ser aplicados em testes, onde o estudante poderá expressar através da linguagem um significado representacional análogo a figura a qual está visualizando.

De acordo com Sadoski e Paivio (2001), as imagens podem ativar o processamento associativo, assim quando o estudante visualiza uma imagem ocorre uma ativação do fluxo imaginativo auxiliando na lembrança de eventos isolados ou conjuntos e gerando associações lógicas ou incomuns. Assim, foi notado que o estudante A16N retrata que, a imagem ativa a recordação do conteúdo estudado, em consonância com a Teoria da Dupla Codificação, na qual, Sadoski e Paivio (2001, p.72, tradução nossa), afirmam que:

“As imagens mentais constituem um aspecto importante do contexto, pois representam o conhecimento do mundo. As conexões mentais entre a linguagem e a experiência não verbal a qual nos referimos servem para fornecer referentes concretos para a linguagem e para restringir o conjunto de imagens que se despertam em determinada situação. O contexto serve para estreitar e focar progressivamente a compreensão de uma mensagem. As imagens fornecem um contexto interno que contribui para a significação”.

Neste âmbito, a aprendizagem, partindo das imagens como estratégia para o ensino da química, considerando os conceitos nos quais existem abstrações, estas, que muitas vezes dificultam o entendimento do aluno por falta de visualização, deve ser pensada dentro do planejamento dos conteúdos, pois, através de representações mentais os estudantes podem reconhecer modelos, entender fenômenos, relacioná-los com a realidade e desenvolver a capacidade de assimilar e organizar os significados em sua estrutura cognitiva.

No entanto, para que o uso de imagens seja um contribuinte na construção do conhecimento, o estudante deve estar ciente que os modelos apresentados são representacionais e ser capaz de captar e entender a mensagem que foi atribuída

visualmente. Para que isso ocorra, o professor deve se responsabilizar pela abordagem partindo de narrativas, realizar a adequação das imagens aos conceitos, desenvolver em seus alunos o entendimento por meio da interpretação e leitura da imagem, ou seja, desenvolver a alfabetização visual, que de acordo com Santaella (2012), influi em alcançar o conhecimento partindo da prática e sensibilidade necessárias para compreensão de como as imagens se apresentam, como indicam e o que querem indicar.

Foi considerado, que os alunos alocados na categoria 1, possuem compreensão de que as imagens além de estarem presentes na sequência didática da isomeria óptica, podem contribuir em demonstrações, exemplificações de demais conceitos da química, entre outras disciplinas escolares como possibilitadoras do entendimento quando utilizadas em conteúdo específicos e como contribuintes na construção do conhecimento.

Contudo, na categoria emergente dois, os alunos atribuíram a contribuição das imagens ao conteúdo que foi possibilitado a partir da sequência didática e aos modelos 3D apresentados pela pirâmide holográfica. Foi notado pela pesquisadora que os indivíduos participantes desta pesquisa, não estão acostumados com este método de ensino e que não haviam realizado contato com a modelagem 3D em sua vida escolar, embora alguns afirmaram que já ouviram falar de hologramas quando foram questionados por esta pesquisadora.

Diante do exposto, foi atribuído que o uso da tecnologia atraiu a atenção naquele momento para o conteúdo que foi proposto, mas, como anteriormente não haviam realizado contato com atividades desenvolvidas com a utilização de aparatos tecnológicos, este captou a atenção dos alunos, podemos notar a partir das observações na resposta do aluno A5V, o qual cita as imagens como uma novidade que colabora no despertar do interesse pelo ensino. Entre os que contemplaram esta categoria também estão os alunos A6V, A1N, A3N, A5N e A13N e podemos observar em suas respostas o direcionamento ao conteúdo aplicado na pesquisa.

A5V – ... é uma nova forma nova, e novidades sempre colaboram para um maior interesse, e como não é algo teórico e denso, faz um estudo mais interessante e de uma maneira diferente de aprender.

A6V – ... ao usar a imagem do carbono e explicar como ele é um isômero óptico dá para ver detalhadamente como ocorre.

A1N – ... *são ferramentas para facilitar a comunicação de forma 3D virtual.*

A3N – ... *facilita na identificação de cada elementos e do que se trata.*

A5N – ... *assim pode se ver em vários ângulos diferentes.*

A13N – ... *tem uma melhor visualização em 3D.*

De acordo com, Sadoski e Paivio (2001, p. 186, tradução nossa), “o processamento no nível representacional corresponde intuitivamente à familiaridade, ou seja, em estar familiarizado com, ou “saber”, algo que é sentido é um simples tipo de significado”. Assim, foi observado que por não haver a familiaridade com a tecnologia utilizada, os alunos alocados na categoria dois, não conseguiram atribuir o uso de imagens aplicados a outros conteúdos da química ou demais disciplinas escolares, pois não foram estabelecidas conexões representacionais em sua memória de longa duração para que resgassem na memória de curta duração e criassem um referencial.

Em aspectos de tecnologia, Giordan (2008) cita a necessidade de mediação diversa aos conteúdos da química, tendo em vista, a utilização de símbolos, fórmulas e equações químicas, pois, há dificuldade ao professor de relacionar os fenômenos empiricamente na dimensão representacional, os processos de significação remetem a sistemas complexos o que dificulta a associação e interpretação dos fenômenos. Assim, acreditamos que para a formação de uma associação com demais conteúdos da química, os alunos deveriam possuir em sua memória de longa duração lembranças de situações e modelos nos quais pudessem se amparar. Deste modo, foi atribuído que os estudantes alocados na categoria dois, realizaram a associação do uso de imagens para o ensino somente da isomeria óptica ou com as imagens 3D, não generalizando, embora eles afirmaram, que estas imagens colaboraram para a construção do conhecimento químico. Assim sendo, foi considerado por esta pesquisadora que os hologramas colaboraram para um primeiro contato dos alunos com a tecnologia voltada para o ensino da química, abrindo possibilidades relevantes no despertar do processo imaginário.

Em consonância, podemos citar os alunos A10V, A9N, A11N e A15N, presentes na categoria emergente três, os quais consideraram a abordagem dificultada, pois não, conseguiram interpretar os fenômenos por meio das imagens e atribuíram respostas como “o uso de imagens para o ensino é de utilidade para quem possui memória fotográfica”. Estes alunos contemplaram a categoria emergente três,

pois, não emitiram descrições determinando que as imagens colaboram ou não com o ensino.

Neste sentido, foi considerado, que a experiência para esses alunos não foi produtiva e que há falhas no sistema educacional ao não proporcionar alternativas de recursos didáticos pedagógicos no processo de escolarização, as quais permitam o contato com diferentes métodos de ensino, onde inclua a participação do coletivo e a apropriação do conhecimento científico, auxiliando na construção de significados ao conhecimento adquirido.

Portanto, o ensino da isomeria óptica por meio de imagens holográficas, foi considerado como uma inovação e foi bem aceito pela maioria dos alunos, que destacaram o auxílio das imagens na construção do conhecimento, no entanto, para o uso desta tecnologia em sala de aula o professor pode traçar um caminho metodológico que auxilie o aluno a compreender e interpretar conceitos através das imagens que a tecnologia pode proporcionar.

7.6 APROPRIAÇÃO DOS CONCEITOS E CAPACIDADE DE CRIAÇÃO

Em uma perspectiva sociocultural, a utilização de recursos didáticos tecnológicos pode proporcionar o desenvolvimento dos estudantes e proporcionar resultados significativos na aprendizagem. Giordan (2008, p. 195), cita que:

“...a visualização de animações dinâmicas projetadas tridimensionalmente ... tem auxiliado os estudantes a representar simbolicamente os processos químicos e, portanto, a interpretar a fenomenologia nas dimensões macroscópica e submicroscópica”.

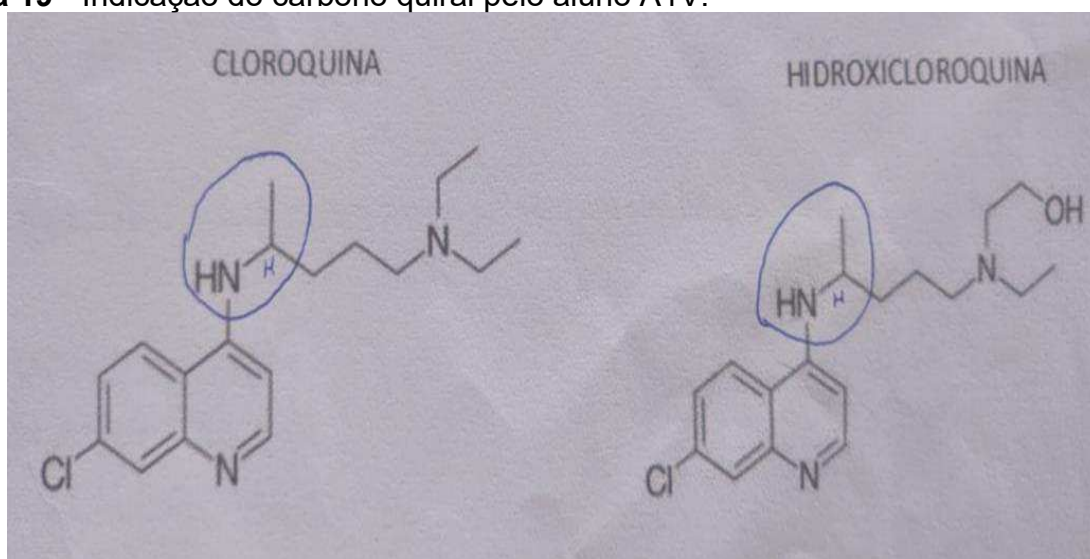
Deste modo, para considerar se houve apropriação de alguns conceitos abordados por parte dos alunos, a categoria a *priori* criar, foi composta pelas análises das questões sete e oito desta pesquisa, na qual a questão sete, solicitava que os alunos identificassem o carbono quiral e os isômeros nas estruturas disponíveis no questionário e em caso afirmativo deveriam desenhar os isômeros indicando o carbono quiral. Alocamos nesta categoria os alunos que a partir de estruturas disponibilizadas conseguiram identificar o carbono quiral e desenhar os enantiômeros dessas estruturas.

Com essa questão era esperado que os alunos as reproduzissem a partir das

estruturas disponíveis (Apêndice B), indicando o carbono quiral e representando os isômeros ópticos das mesmas. Dentre as estruturas apresentadas, estavam as utilizadas na representação 3D, a cloroquina e a hidroxicloroquina, as demais eram o limoneno, a talidomina, o ibuprofeno e o própolis, que não possui isomeria óptica, no entanto, foi colocado para observar se os alunos atribuiriam esta observação ao analisar a estrutura.

Explorando os questionários aplicados no período vespertino, foi notado que nenhum dos alunos desenhou os enantiômeros, A1V, A3V, A4V e A10V, somente indicaram na estrutura da cloroquina e hidroxicloroquina onde se encontrava o carbono quiral, e os estudantes A5V, A6V, A7V e A9V apontaram o carbono quiral em estruturas como talidomida e ibuprofeno. Assim, podemos observar na Figura 19 a produção representativa do A1V:

Figura 19 - Indicação do carbono quiral pelo aluno A1V.

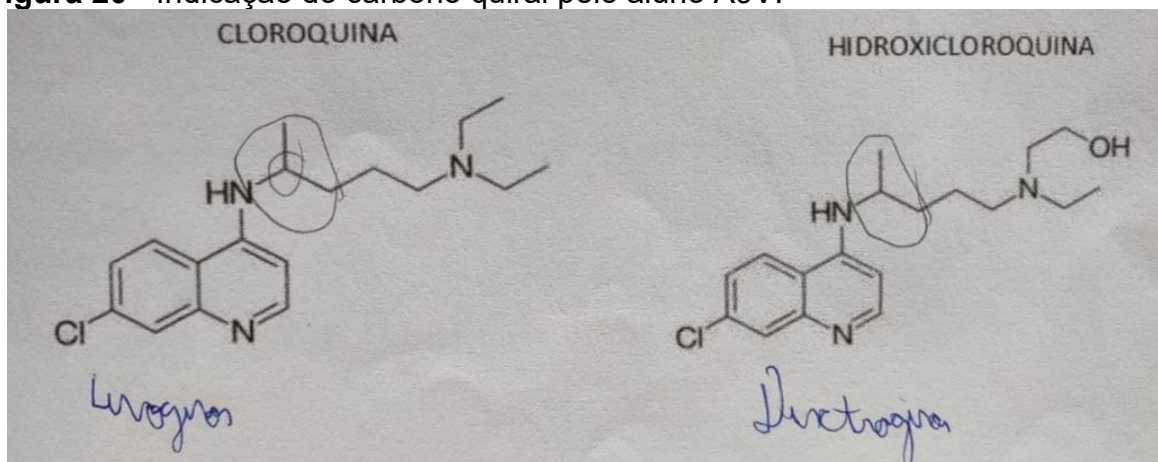


Fonte – Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

Apontamos que, o A1V acrescenta o hidrogênio na estrutura e foi observado que isto se deve, ao estabelecimento das quatro diferentes ligações realizadas pelo carbono e ao adicionar o hidrogênio o aluno consegue assimilar e identificar o carbono quiral na estrutura, no entanto, nas demais estruturas o aluno não realiza a identificação e não atribui uma resposta. Na Figura 20, podemos observar que o A9V indica o carbono quiral, da cloroquina, hidroxicloroquina e na Figura 21, a indicação do carbono quiral da talidomida corretamente e do ibuprofeno incorretamente, no entanto, atribui levogiros para a estrutura da cloroquina e dextrogiros para a estrutura

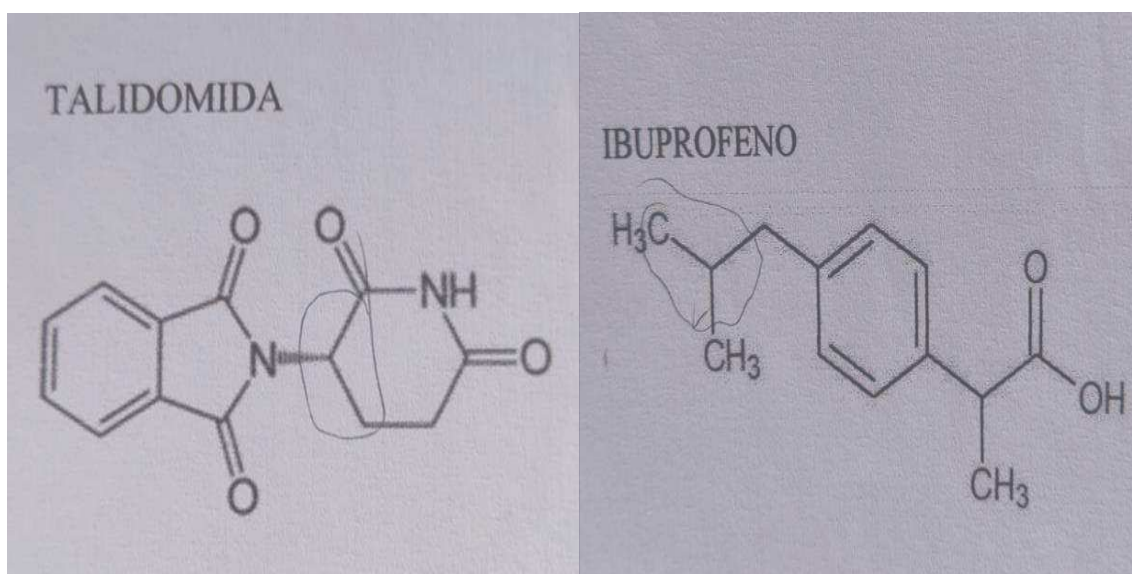
da hidroxicloroquina.

Figura 20 - Indicação do carbono quiral pelo aluno A9V.



Fonte - Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

Figura 21 - Indicação do carbono quiral do aluno A9V, na estrutura da talidomida e do ibuprofeno.



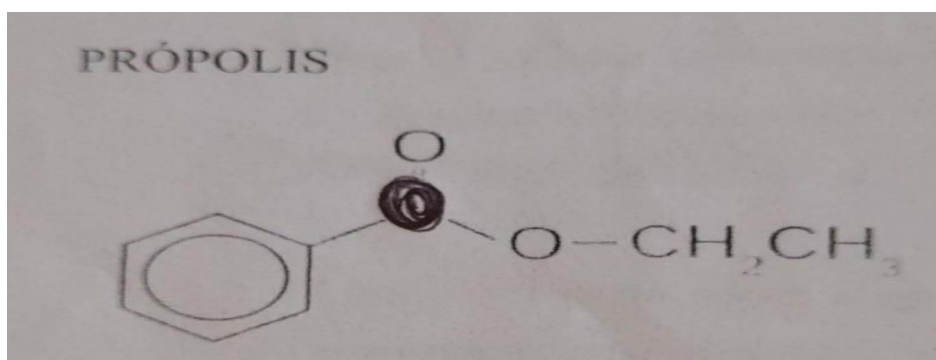
Fonte – Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

Foi considerado que o aluno A9V, se apropriou do conceito de carbono quiral, no entanto, na estrutura do limoneno, este não realiza a indicação e na estrutura do ibuprofeno foi observado que ele não realizou a contagem da cadeia carbônica e como ela apresenta um grupo metil, o estudante pode ter considerado que como havia dois CH₃ destacados no início da cadeia carbônica, estes fossem ramificações, e não o início da cadeia. Assim, variados fatores foram analisados e encaminharam a esse quesito, entre eles, o contato limitado com os conceitos da química orgânica, no qual

este não visualiza as ligações realizadas na estrutura do benzeno e não considera a contagem da cadeia.

Dentre os alunos do período noturno, somente o A2N, A11N, A14N, A15N, A16N e A17N, procuram indicar o carbono quiral na estrutura que havia no questionário, semelhante aos alunos do período vespertino, porém cometem erros, pois, não se atentam ao fato de que o carbono para ser quiral deve estar ligado a 4 elementos diferentes e consideram o carbono ligado a dupla O, ou seja, a função orgânica cetona, como carbono assimétrico. Podemos observar, este erro conceitual no questionário do aluno A11N, que acertou a indicação nas estruturas da cloroquina, da hidroxicloroquina, do limoneno, da talidomida e do ibuprofeno, porém realizou a indicação na estrutura da própolis, o qual não possui carbono quiral, conforme podemos observar na Figura 22.

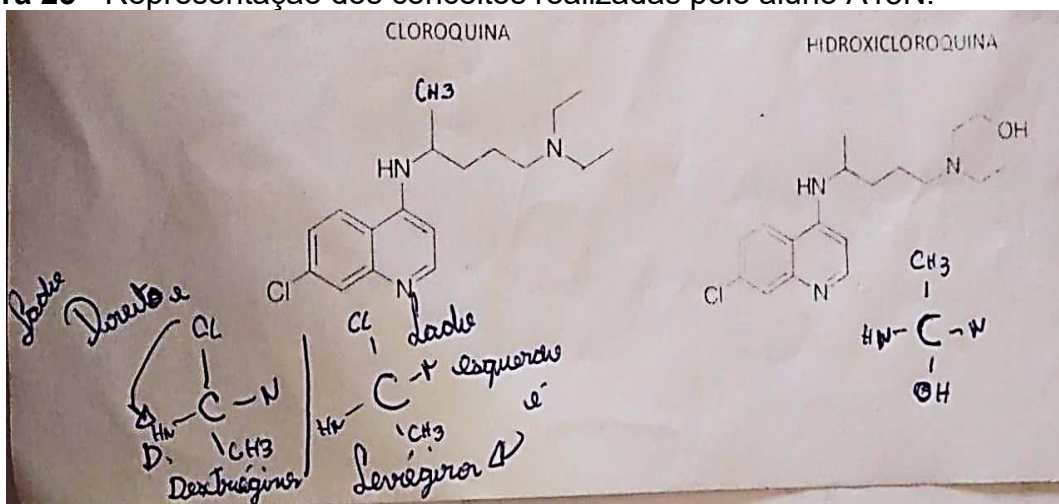
Figura 22 - Apontamento errôneo de carbono quiral na estrutura do própolis.



Fonte - Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

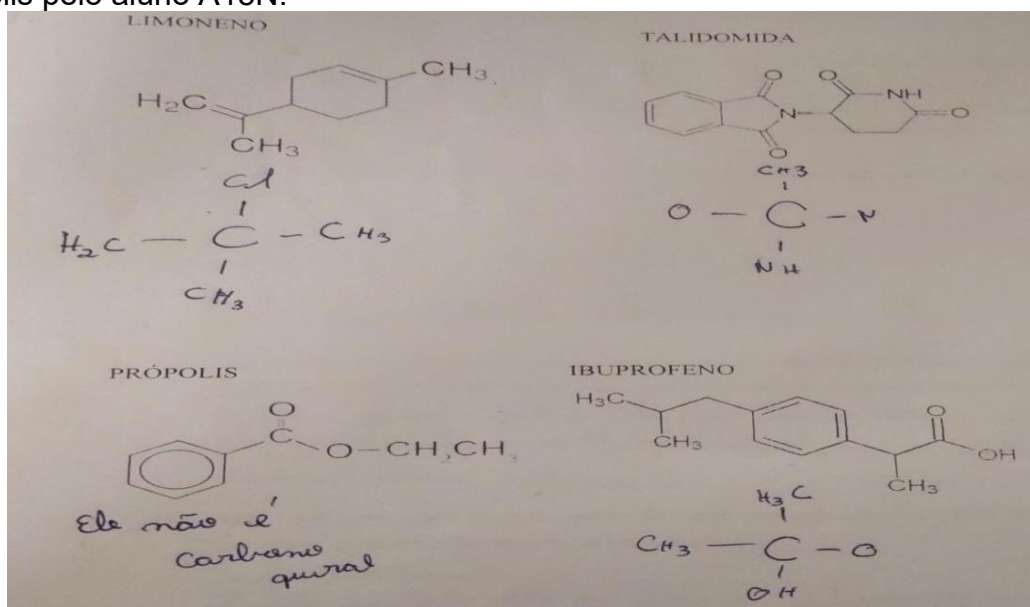
Um dos questionários do período noturno que atraiu a atenção foi o do aluno A15N, pois, ele desenhou o carbono com os quatro ligantes diferentes, traçou uma reta paralela ao meio indicando o que acreditamos ser um espelho e atribuiu levógiros para o lado esquerdo e dextrógiros para o lado direito, identificou a estrutura do própolis como não possuindo carbono quiral, no entanto, nas demais estruturas somente desenhou o carbono com três ou quatro ligantes diferentes, conforme podemos observar nas Figura 23 e 24.

Figura 23 - Representação dos conceitos realizadas pelo aluno A15N.



Fonte - Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

Figura 24 - Representação do carbono assimétrico e indicação da não quiralidade do própolis pelo aluno A15N.



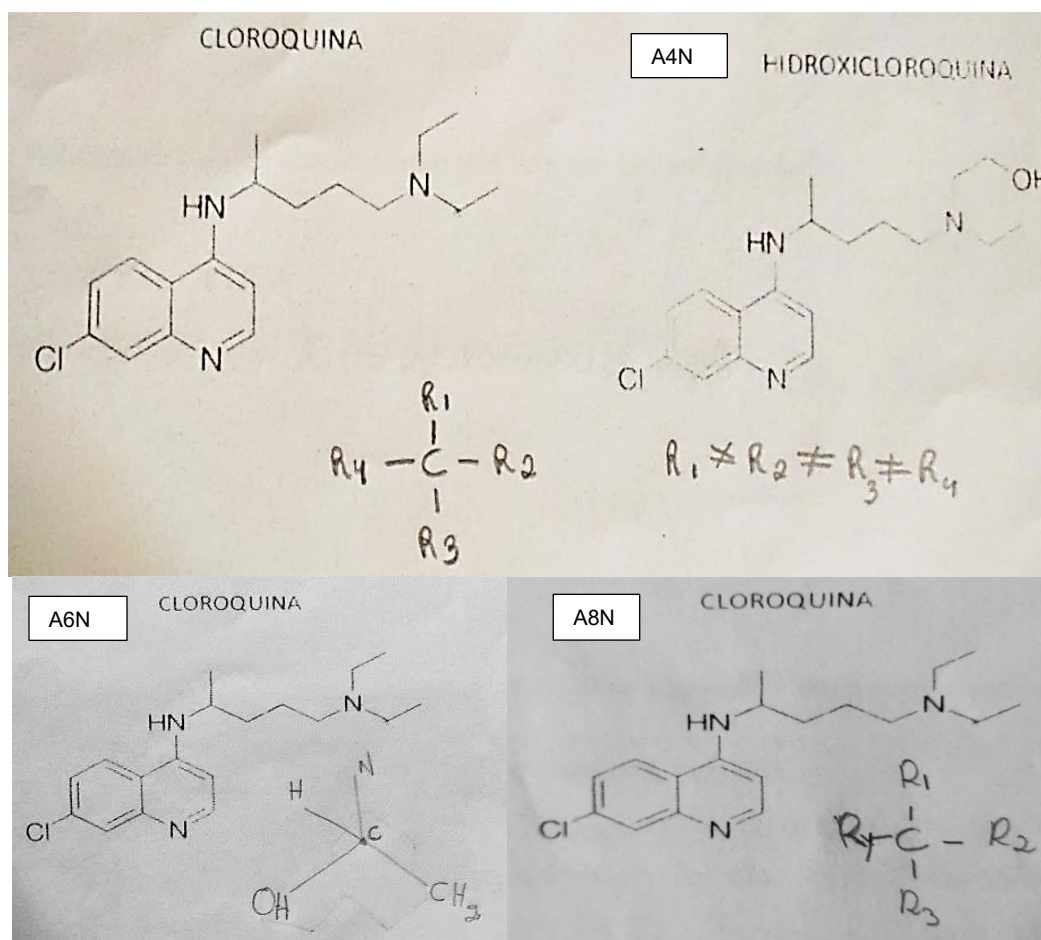
Fonte - Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

Como os alunos não haviam realizado contato com os conceitos do estereoisomerismo e da isomeria óptica até o momento da aplicação do projeto, foi considerado que o aluno A15N, se apropriou de algumas definições e representações do conteúdo, pois ao abordar os conceitos no quadro branco foi utilizada a estrutura do ácido láctico e representada com a reta na vertical para indicação da imagem refletida no espelho, e na apresentação a mesma demonstração foi realizada com o modelo bola palito e reproduzida em 3D, assim foi observado que as imagens colaboraram para que o estudante realizasse esta especificação, e também,

compreendesse que para o carbono ser quiral as ligações do carbono devem ser estabelecidas com 4 elementos diferentes. Porém, ao observar os demais carbonos desenhados pelo A15N, notamos que ele comete alguns erros, como por exemplo, colocar o metano duas vezes na ligação com o carbono principal.

Outro fator que foi observado, é que os alunos A4N, A6N, A8N, A13N e A19N expressaram suas respostas em forma de desenhos de estruturas com o carbono ligado a diferentes elementos químicos, e em 2 casos, o carbono ligado a letra R, identificando que ele poderia ter ramificações, sendo que a letra R foi seguida de numeral 1, 2, 3 e 4, ou como no caso do aluno A8N que ao invés de R_4 , atribuiu R_y . Desta forma, foi considerado que esses alunos se apropriaram do conceito de carbono assimétrico, e através do processamento referencial e associativo, os recuperam em sua memória e os expressam a partir dos exemplos desenhados conforme podemos observar na Figura 25.

Figura 25 - Representação dos alunos A4N, A6N e A8N em resposta a questão 7.



Fonte - Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

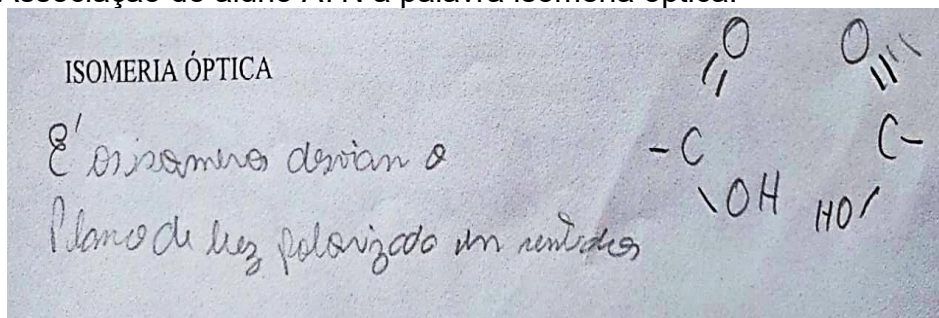
Foi considerado, que estes estudantes não desenharam as estruturas, devido à complexidade delas e por não possuírem uma base sólida que os orientassem neste sentido. Ou seja, como foi a primeira vez que fizeram contato com o conteúdo e não foi oportunizada listas de exercícios para esclarecimento de possíveis dúvidas, somente o questionário de análise, os alunos se apropriaram de conceitos mais simples os quais conseguiram expressar. No entanto, os conceitos de enantiômeros e mistura racêmica, são mais complexos, necessitando de uma base solidificada em química orgânica para uma possível reprodução de forma correta. Segundo Sadoski e Paivio (2001), há variação na organização dos termos de acordo com cada indivíduo, os quais podem gerar representações diferentes dependentes das conexões associativas, ou seja, a memória irá buscar por associações, que de acordo com cada aluno podem ser representadas de forma diferente dentro de um mesmo contexto, deste modo, as representações podem ser influenciadas por falta de conhecimentos e experiências não adquiridas anteriormente.

Tanto do período vespertino, quanto do noturno, muitos alunos deixaram a resposta da questão 7 em branco, no entanto, não podemos citar os reais motivos que levaram a esse fato, observamos que por não estarem inseridos no contexto de ensino por imagens, estes podem possuir dificuldades para interpretar e reproduzir, visto que ao memorizar um conceito por imagens, estas dependem de numerosos mecanismos para serem interpretadas e posteriormente gerar a correspondência com as palavras, ou com a explanação oral.

Em prosseguimento, foi analisada as respostas da questão oito, a qual foi proporcionada ao aluno a liberdade para criação e imaginação, pois, foi colocada somente a palavra Isomeria Óptica oportunizando aos alunos a associação da forma que melhor lhes conviessem, neste caso, poderiam ativar o sistema verbal, não verbal ou os dois sistemas interconectados.

Foi notado, que nos alunos do período vespertino o sistema verbal predominou, pois, expressaram através da escrita as suas respostas, já no período noturno os estudantes A3N, A7N, A11N e A17N emitiram suas associações por desenhos de estruturas orgânicas, sendo que o A7N se utilizou do sistema verbal e não verbal associados, conforme podemos observar na figura 26.

Figura 26 - Associação do aluno A7N a palavra isomeria óptica.



Fonte - Atividade desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

Foi notado, que o A7N emite um conceito, no entanto, ao representá-lo a partir do desenho o faz erroneamente, pois foi observado que ele coloca a ligação dupla com o oxigênio, a qual foi possível interpretar, que este não considerou que as quatro ligações do carbono devem ser com elementos diferentes para o distinguir como assimétrico. Fonseca (2013), afirma a importância do treinamento e da educação através de imagens como estratégia de ensino, pois as funções da memória serão ativadas pela forma como o indivíduo a absorve cognitivamente, assim este, pode processá-la e emití-la de forma que consiga, associar, criar, imaginar e categorizar. Desta forma, podemos acreditar que o aluno, apesar de ativar as funções da memória imagética, ainda não possui o treinamento adequado para que as imagens sejam corretamente gravadas e interpretadas, mesmo através de um estímulo.

Prosseguindo as observações, nesta questão era esperado que os alunos expusessem conceitos, desenhos ou relacionassem com o cotidiano e foram observadas variadas respostas das quais emergiram três categorias de análise, as quais buscaram evidenciar as estruturas associativas formadas pelos estudantes. Desta forma, na categoria emergente um, denominada de "Emite fragmentos dos conceitos", alocamos os alunos que ao associar a palavra isomeria óptica citaram em suas respostas palavras ou fragmentos que encaminham ao conteúdo conceitual abordado na aula. Na categoria emergente dois, foram alocados os alunos que citaram palavras associadas ao recurso didático pedagógico utilizado para representação das estruturas em 3D e foi denominada de "Associa ao recurso didático", e na categoria emergente três, a qual foi denominada de "Outras associações/respostas sem sentido, foram considerados os alunos que realizaram associações com fatores que não envolviam os aspectos abordados na aula ou afirmaram não saber responder ou realizar a associação.

Assim, na categoria 1, buscamos por fragmentos, partindo de palavras que aludem aos conceitos da isomeria óptica que foram abordados na aplicação da sequência didática, foi observado que os alunos não conseguiram elaborar uma definição teórica mais avançada, no entanto conseguem emitir alguma relação a palavra “isomeria óptica” que lhes foi disponibilizada no questionário. Deste modo, os alunos A1V, A4V, A5V, A6V, A9V, A4N, A8N, A10N e A14N, foram os que mais se aproximaram de associações com os assuntos abordados na apresentação, conforme podemos observar na transcrição das respostas obtidas.

A1V – *Um espelho: Levógiros e Dextrógiros.*

A4V – *Levógiros e Dextrógiros.*

A5V – *Isomeria: dois objetos diferentes, mas feitos com os mesmos materiais (elementos), Óptica: uso da luz, capacidade de desviar a luz (levogiro e dextrogiro).*

A6V – *Carbono quiral, isômeros – levogiros e dextrogiros.*

A9V – *Espelho refletindo o que vemos, levogiros e dextrogiros.*

A4N – *Ela é um tipo de isomeria espacial ou estereoisomeria.*

A8N – *Parear, encaixar por ser igual, mas não encaixar por ter uma diferença.*

Ex: uma mão em frente ao espelho.

A10N – *Os isômeros possuem a mesma fórmula molecular, mas são diferenciados por sua atividade óptica.*

A14N – *Diferentes feixes de luz que vão para ambos os lados direito e esquerdo.*

Os alunos que contemplaram a categoria emergente um, foram os que consideramos que utilizaram a estrutura associativa, pois conseguiram associar a palavra aos conceitos, o que acreditamos que os levaram a imaginar as imagens. De acordo com Sadoski e Paivio (2001), quando a narrativa é utilizada simultaneamente a apresentação de imagens a geração de estruturas integradas possibilita a maior probabilidade do estabelecimento de conexões entre as representações, portanto ao visualizarem a palavra isomeria óptica, o sistema imagético foi ativado e os alunos conseguiram representar a associação com fragmentos dos conceitos abordados nas aulas.

Foi observado que, os alunos citam fragmentos do que foi ensinado, mas, não descrevem os conceitos completamente, fazendo diferenciações e atribuições. É

importante ressaltar que, para que as associações fossem precisas seria necessário de um processo de ensino maior focado nos conceitos gerais da química orgânica orientando os alunos na construção do conhecimento químico, e para que os alunos pudessem expor os conceitos de modo completo poderíamos ter conversado com o professor de química para que este atribuísse valor para a tarefa, cito essa observação devido a interrogação na aplicação da sequência didática, pois me foi questionado se o conhecimento transmitido seria usado como forma de avaliação pelo professor titular da disciplina de Química.

Fui atenta para esse quesito, devido a atribuição de nota aos alunos ser considerada por eles com maior importância do que a aprendizagem, pois, foi notado durante a abordagem que eles não demonstraram curiosidade, não questionaram e aceitaram tudo que lhes foi ensinado como verdade, se tornando indivíduos passivos no processo de construção do conhecimento. E mesmo com as oportunidades ofertadas por esta pesquisadora para que questionassem e que participassem ativamente no processo da abordagem didática, foi observado que a cultura tradicionalista do ensino permanece em sala de aula e o papel do aluno na construção do conhecimento ainda é passivo, assim, verificamos a necessidade de mudanças no método do ensino escolar.

Foi notado também que, mesmo estimulados ao final da aplicação do projeto por esta pesquisadora, a participarem e inclusive apresentassem possíveis dúvidas em relação aos isômeros ópticos, mistura racêmica, enantiômeros entre seus conceitos e aplicações no cotidiano, todos afirmaram não possuir dúvidas. Deste modo, foi possível acreditar que, mesmo os conceitos da isomeria óptica fazendo parte da vida dos estudantes, e utilizando uma abordagem com medicamentos utilizados no tratamento da Covid – 19 (Coronavírus) que foi um assunto atual no ano de 2020 e 2021, e ainda esclarecendo que este conteúdo faz parte de exames educacionais e vestibulares, os alunos não demonstram interesse em se aprofundarem nos aspectos do conhecimento que lhes foram apresentados.

Segundo Frederico (2016, p. 54), "... a força das conexões entre palavras e imagens é determinada pela sua relevância para os interesses e valores pessoais", portanto, foi observado que em termos de associações com o cotidiano, os adolescentes não atribuem aos medicamentos relevância que possa vir a contribuir com as suas vidas, apesar das afirmações de todos em já haverem consumido antibióticos em algum momento de suas vidas. Em consonância, foi observado que

os alunos resgatam em sua memória, fatores bem constituídos, como imagem, visão, luz, desenho e espelho. Paivio (2014), ressalta a memória episódica para derivação do conhecimento, sendo que está auxilia nas lembranças de lugares, tempo e experiências já vivenciadas, na qual ficam guardadas as informações relevantes que posteriormente podem ser resgatadas, no entanto, estas memórias devem ser significativas para o indivíduo para que posteriormente possam ser resgatadas na memória de longa duração para a memória de curta duração e construindo novos significados.

Em vista disso, na categoria emergente dois, foi procurado investigar demais associações produzidas pelos alunos, entre fatores que não envolviam os conceitos aplicados da isomeria óptica, no entanto citam as imagens 3D ou hologramas correspondendo ao recurso didático utilizado na aplicação do projeto, nesta categoria os alunos A3V, A8V, A10V, A2N, A13N e A15 N, não associaram a palavra isomeria óptica com os conceitos explicados na aula e sim com o recurso didático pedagógico utilizado para abordagem e a modelagem animada para promover as estruturas, conforme pode ser observado na transcrição da resposta representativa dos alunos A8V, A10V e A2N.

A8V – *Uma forma de visualizar fórmulas e facilitar o entendimento.*

A10V – *Algum objeto, pessoa, ou algo existente sendo transmitido em 3D.*

A2N – *Imagem, visualizar a isomeria de vários ângulos.*

Foi observado que os alunos que contemplaram a categoria emergente dois, foram os alunos que de acordo com Paivio (1971), criaram conexões entre a palavra e a imagem, ou seja, o sistema verbal foi ativado por conexões associativas, deste modo o processamento associativo levou aos alunos a associar a palavra isomeria óptica ao recurso didático pedagógico que proporcionou a visualização dos conceitos.

Ainda, com relação a referência ao recurso didático ou ao relacionar os isômeros ópticos as imagens 3D e a holografia, foram consideradas a falta de diferentes Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação utilizadas em sala de aula aplicadas ao ensino, pois quando o contato com a tecnologia para a transposição ou explicação do conteúdo é escasso, o aluno acaba se atraindo por esta e ao seu uso, não se atentando para o conteúdo. Assim, o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação deve ser inserido aos poucos na trajetória escolar do

estudante, preferencialmente desde a formação inicial, já direcionando a compreensão de que o conhecimento pode ser adquirido não somente através de sites de busca, mas com o uso de aplicativos e softwares direcionados ao ensino. Segundo Leite (2019, p. 329), “para que as TIC possam trazer alterações no processo educativo, elas precisam ser compreendidas e incorporadas pedagogicamente”.

Na categoria emergente três, foram direcionados os alunos que nos fragmentos de suas respostas realizaram associações com fatores que não envolviam os conceitos aplicados na abordagem, o recurso didático utilizado e não correlacionaram com abordagem CTS que trazia um assunto do cotidiano, estes consideraram a ligação da isomeria óptica com fatores externos ao esperado por esta pesquisadora. Assim, nesta categoria foram designados os alunos A2V, A7V, A3N, A5N, A6N, A9N e A16N e podemos observar nas respostas representativas abaixo as correlações atribuídas por estes estudantes:

A2V e A7V – *Algo relacionado com a visão.*

A3N – *Desenho.*

A5N – *Vem um desenho na minha mente.*

A6N – *Algo relacionado a luz.*

A9N – *Imagem.*

A16N – *Vários pontos de visão de algum objeto.*

Embora os recursos descritos e utilizados nessa aplicação criassem uma sequência de informações a serem interpretadas, foi observado que os alunos alocados na categoria três, realizaram suas observações de modo inocente, considerando como uma atividade de lazer e uma aula diferente, fugindo do cotidiano de aulas do qual participam no ambiente escolar. Assim, de acordo com Paivio (1971), foi considerado que os alunos que contemplaram a categoria três não estabeleceram conexões com os conceitos abordados. Dessa forma, foi considerado que a animação realizada por uma sequência de ilustrações, de acordo com Giordan (2008, p.125), é pouco debatida, não havendo discussões sobre a sua capacidade “de veicular variantes de gêneros discursivos”, o autor ainda cita os trabalhos de Paivio (1986) e Mayer (2001), e os pontos de vista das teorias da Teoria da Dupla Codificação envolvendo três tipos de conexões:

“a) conexão representacional entre a informação verbal nova e a representação verbal do aluno; b) conexão representacional entre a informação imagética e a representação visual do aluno; c) conexão referencial entre os elementos correspondentes das representações imagética e verbal do aluno” (GIORDAN, 2008, p. 125).

Desta forma, foi considerado que uma experiência prévia do aluno com a tecnologia aplicada ao ensino em suas variáveis formas é requisitada, para gerar conexões e representações de forma crítica que apoiem os alunos na construção de significados. Assim, argumento que as associações as imagens, desenho ou algo relacionado a luz, são realizadas devido as conexões referenciais já presentes na vida do aluno por forma de desenhos animados e filmes futuristas com representações holográficas. Deste modo, com percepções pré-estabelecidas, os alunos ao observarem a palavra isomeria óptica a atribuem com referenciais presentes em sua memória, realizando assim, a articulação da palavra com atividades e imagens que eles já possuem bem constituídos em sua memória desde a infância.

Mediante ao exposto, foi observado por esta pesquisadora que o nível de evolução das Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação não se aplicam a educação dos alunos participantes dessa pesquisa, pois a sala de aula continua dentro de um modelo antigo, não possibilitando novas concepções a esses estudantes. Foi notado que há uma necessidade de mudanças culturais e sociais no âmbito educacional, onde é necessário que o aluno aprenda a interpretar e constituir informações com o auxílio da tecnologia digital, há carência de alfabetização digital proporcionando ao aluno a não ser apenas um usuário da tecnologia e sim um atuante e dominante de ferramentas tecnológicas com capacidade de desenvolvimento do senso crítico passando assim a realizar compreensões e interpretações de fenômenos partindo da tecnologia digital.

Foi considerado, a partir dos dados obtidos que a utilização de pirâmide holográfica para o ensino da isomeria óptica pode contribuir na aprendizagem e no desenvolvimento do aluno no contexto das NTDICs, tendo em vista que houve a aceitação do recurso e os estudantes o consideraram prático, facilitador e interessante. No entanto, o recurso deve ser aprimorado e os alunos envolvidos em habilidades específicas para que o uso da tecnologia no ambiente educacional não interfira na aquisição do conhecimento e sim, permita o desenvolvimento de competências específicas para a busca e utilização da informação, inserindo o estudante em práticas sociais atualizadas e os incentivando a avaliar criticamente um

fenômeno, partindo de questionamentos que os encaminhem na construção novos conhecimentos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa bibliográfica sobre as NTDIC no ensino de Química, no Brasil, concluímos que embora existam na atualidade inúmeros aplicativos e softwares voltados para a educação, ainda é escassa sua utilização no espaço escolar, devido a inúmeros fatores. Dentre eles, a falta de equipamentos, redes para acesso à *internet* e profissionais capacitados. Por isso, voltamos o nosso olhar para a necessidade de capacitação profissional do professor no âmbito das NTDIC, facilitando a inserção destas ao ensino elevando o potencial de criação e capacitação do aluno.

Com relação às teorias de aprendizagem abordadas nesta pesquisa, observamos que a Teoria da Dupla Codificação de Allan Paivio (1971), apresenta suas potencialidades para o estudo do ensino a partir de narrativas acompanhadas de imagens, pois esta explica a eficiência da aprendizagem quando utilizados o canal *imagético* e o *verbal* simultaneamente, auxiliando na organização das informações e proporcionando a criação de referenciais que podem ser processados e armazenados na memória de longa duração.

Destacando as imagens utilizadas no ensino da isomeria óptica, notamos que estas, de acordo com a Teoria da Dupla Codificação, são significativas e auxiliam o aluno na apropriação dos conceitos. No entanto, para que estes sejam apropriados pelos estudantes, foi verificada a necessidade de um caminho mais longo, com a apropriação de outros conteúdos, tanto da Química, como da Física, que venham a colaborar na aprendizagem.

Podemos inferir que o uso de imagens 3D auxilia ao professor na promoção do conteúdo e aos alunos no processo de aprendizagem, mas para que os conceitos sejam apropriados, os alunos devem possuir a capacidade de entender a imagem e saber interpretá-las, contribuindo com a formação do pensamento criativo. Deste modo, é exigido um preparo ao longo da formação escolar, com o ensino voltado para liberdade de criação, onde o aluno aprenda a ler e gerar interpretações a partir de imagens, correlacionando-as com os conceitos e conteúdos que estuda.

Observamos que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação e sua aplicabilidade ao ensino da Química se configuram como um potencial facilitador na transposição do conhecimento e no suporte para a aprendizagem, no entanto, para que ocorra o uso eficaz das TDICs em sala de aula, há a necessidade de inúmeras orientações aos alunos, gerando a compreensão, que estas são aplicadas como

facilitadoras da aprendizagem e não como uma forma divertida e diferente. Realizamos tal afirmação, devido a impressão dos alunos em frente ao recurso didático tecnológico, pois eles se entusiasmaram e consideraram uma forma diferente de aprender a partir da pirâmide holográfica.

Ao analisar o uso das imagens 3D reproduzidas pela pirâmide holográfica, observamos que a maioria dos alunos afirmam que estas colaboraram para a aquisição do conhecimento, no entanto, alguns deles não reproduz conceitos ao responder o questionário. Neste quesito, citamos a Teoria da Aprendizagem Significativa e os conceitos chaves de Ausubel (1982), atribuindo que a aprendizagem significativa ocorreria se as informações passadas aos alunos fossem ser ancoradas em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes, desta forma, realizando as correlações de conceitos já estabelecidos com novos conceitos, provocando a compreensão das informações ensinadas e as facilitando devido a essas associações.

Neste sentido, destacamos a sequência didática, elaborada com uma abordagem CTS, utilizando os medicamentos para a abordagem da isomeria óptica, como a cloroquina e hidroxicloroquina, que foram debatidos na imprensa durante o ano de 2020 e 2021, e consumidos por alguns dos alunos que adquiriram o coronavírus (COVID-19). Em conjunto com a aplicação do recurso didático aos estudantes a sequência didática proposta se sobressai e a enfatizamos a sua essencialidade para a organização da aula, pois, na sua estruturação ofertamos oportunidades de questionamentos e abrimos espaços para discussão, no entanto, mesmo o tema medicamentos estando presente na vida dos alunos, estes não apresentaram curiosidades sobre o assunto.

Como a pesquisa foi realizada em um colégio de periferia, no interior do oeste do Paraná, nos atentamos para a necessidade de orientação do uso da tecnologia por professores e alunos, além do ensino CTS com assuntos do cotidiano de âmbito local e nacional, implementados pela a inclusão de aparatos tecnológicos em sala de aula para que o ensino seja executado com a utilização de aplicativos para explicação, exemplificação e avaliações dos conteúdos, além de orientações para pesquisas educacionais em bases sólidas e também a introdução a informática e programação, tornando os alunos ativos no processo de aprendizagem e favorecendo a formação de cidadãos capacitados, rompendo visões limitadas e ampliando o uso e aplicação da tecnologia digital.

De acordo com a nova BNCC de 2018 (BRASIL, 2018), atualizada para o ensino de ciências da natureza e suas tecnologias, o recurso didático pode ser de grande importância se trabalhado com a interdisciplinaridade, no caso dessa pesquisa podemos aplicar a conceitos da física e matemática para a confecção de pirâmide holográfica e posteriormente, a utilizamos para reprodução de imagens envolvendo os conteúdos da química e biologia

Sendo assim, sugerimos que o uso da Tecnologia Digital da Informação e Comunicação sejam ampliados para o ensino da química, no entanto, para que isto ocorra, esperamos a ampliação das políticas educacionais voltadas a formação de professores com ênfase em utilização de recursos didáticos tecnológicos com uso de imagens, animações e simulações em 3D, proporcionando ao estudante o desenvolvimento da capacidade de ler e interpretar conceitos e principalmente uma visão ampliada do mundo.

Portanto, a utilização de imagens 3D reproduzidas por pirâmide holográfica se configura como um recurso didático pedagógico potencial para auxiliar no processo de ensino de *isomeria óptica*, capaz de ampliar a visão dos alunos não somente na aplicação dos conceitos, como também para a tecnologia que pode ser utilizada no ambiente escolar, apoiando a compreensão e armazenamento na memória de longa duração, de conteúdos até então abstratos e de difícil modelização.

REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, M. M. Using 3D hologram Technology (3DHT) in the distance learning program to enhance the professional skills of tour guidance undergraduate students. **Journal of Association of arab universities for tourism and hospitality**. v. 18. N. 3. 2020. Disponível em: <https://journals.ekb.eg/article_109878_d6556a42ed3136e7ce68c55dbaf83756.pdf>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.
- ACEVEDO, J. A.; VAZQUEZ, A.; MANASSERO, A. Papel de la educación CTS em uma alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Vigo: **Revista eletrctronica de enseñanza de las ciências**. v. 2, n. 2, p. 80-111, 2003.
- AIRASIAN, P. W., WALSH, M. E. **Constructivit Cautions**. Phi Delta Kappa, v. 78, n. 6, p. 444-449, 1997.
- ALMEIDA, M. G. **Utilização de Holograma como Recurso Didático para Contextualização da Atomística no Ensino da Química**. 66 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Curso Superior de Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Medianeira, 2017.
- ALMEIDA, D. A. Tic E Educação No Brasil: Breve Histórico E Possibilidades Atuais De Apropriação. **Pró-Discente: Caderno de Prod. Acad.-Cient. Progr. Pós-Grad. Educação**. v. 15, n. 2, p. 8-16, 2009.
- ANDERSON, L. W. **Rethinking Bloom`s Taxonomy**: Implications for testing and assessment. Columbia: University of South Carolina, Reports - Descriptive. p. 1-25, 1999. Disponível em: < <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED435630.pdf>>. Acesso em: 25 de ago. de 2021.
- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R.; AIRASIAN, P. W.; CRUIKSHANK, K. A.; MAYER, R. E.; PINTRICH, P. R.; RATHS, J.; WITTROCK, M. C. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. New York: Pearson Education, 2001.
- ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; GAMBARDELLA, M. T. P.; SILVA, A. B. F. O show da Química: motivando o interesse científico. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 01, p. 173-178, 2006.
- AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- BLOOM, B. S., KRATHWOHL, D. R.; MASIA, B. B. **Taxonomia de objetivos educacionais 2: domínio afetivo**. Trad. de Jurema Alcides Cunha. Porto Alegre. Ed. Globo, 1972.
- BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H.; KRATHWOHL, D. R. **Taxonomia de objetivos educacionais – domínio cognitivo**. Globo: Porto Alegre, 1979.
- BRASIL. Subsídios para Fundamentação do Programa Nacional de Informática na

Educação (ProInfo). Secretaria de Educação à Distância. **Ministério de Educação e Cultura**, Brasília, 1997.

BRASIL. MEC. SEF. Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio. **Ministério da Educação e Comunicação**. Brasília, 1998.

BRASIL. **LDB**: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. - 4. ed. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2020. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/572694/Lei_diretrizes_bases_4ed.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 de nov. de 2021.

BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Ministério da Educação e Comunicação. Brasília, 2018.

BOLSON, J. B., RODRIGUES, K. LIMA, M. R. de; O conhecimento para o mundo exponencial: As metodologias ativas na prática pedagógica. Belo Horizonte: **Revista Educação, Comunicação e Tecnologia**. v. 2, n. 1, p. 6-22, 2020.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: A ciência central**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BURKE, K. A., GREENBOWE, T. J., WINDSCHITL, M. A. Developing and Using Conceptual Computer Animations For Chemistry Instrution. Washington: **Journal of Chemistry Education**. v. 75, n. 12, p. 1658-1661, 1998. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed075p1658>>. Acesso em: 19 de ago. de 2021.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas: estrutura e elaboração**. 1 ed. Belém: SBEM/SBEM-PA, 2017.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.) **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAETANO, L. M. D.; NASCIMENTO, M. M. N. Tecnologia e pedagogia: caminhos para o sucesso. In: Marcelo Vieira Pustilnik. (Org.). **Robótica Educacional e Aprendizagem: o lúdico e o aprender fazendo em sala de aula**. 1 ed. Curitiba: CRV, v. 1, p. 23-38, 2018.

CESCON, E. Cognição situada e aprendizagem em contextos escolares. Caxias do Sul: **Itinerário Educativo**. n. 68, p. 37-50, 2016.

CHASSOT, A. I. Catalisando transformações na educação. Ijuí: Ed. **Unijuí**, 1993.

CHURCHES, A. **Bloom`s Digital Taxonomy**. 2010. Disponível em: <<http://burtonslifelearning.pbworks.com/w/file/fetch/26327358/BloomDigitalTaxonomy2001.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2021.

CONCEIÇÃO, J. L. M. da, FERREIRA, F. N. Tecnologias da informação e comunicação na educação: desafios, possibilidades e contribuições para o ensino e a aprendizagem. *Revista Educar Mais*, [S. l.], v. 6, p. 126–138, 2022. DOI: 10.15536/reducarmais.6.2022.2624. Disponível em: <<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2624>>. Acesso em:

16 maio. 2022.

DICIO. **Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2021. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/fenomeno/>>. Acesso em: 19 de nov. de 2021.

ENNIS, R. H. A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In: BARON, J. B.; STERNBERG, R. J. **Teaching thinking Skills: Theory and practice**. New York : W. H. Freeman and Curriculum Development, 1987.

FARAUM JUNIOR, D. P.; CIRINO, M.M. Webquest x Webexercises: Uma Análise das Produções de Estagiários do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) de Química Utilizando a Taxonomia Digital de Bloom. Bauru: **Ciência e Educação**. v. 26. ed. 20008, p. 1-15, 2020.

FERNANDES, D. M. S. **A utilização de Softwares educacionais na diminuição da abstração no ensino-aprendizagem de Química em nível superior**. 2014, 88 f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal do Ceará, Quixadá, 2014.

FERRAZ, A. P. C. M., BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. São Carlos: **Gest. Prod.** v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FIALHO, N. N.; MATOS, E. L. M. A arte de envolver o aluno na aprendizagem de ciências utilizando softwares educacionais The art of involving students in sciences' learning using educational. **Educar em Revista**, n. 2, p. 121-136, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/er/nspe2/07.pdf> >. Acesso em: 09 dez. 2020.

FINELLI, F. G.; AMARANTE, G. W. Nobel de Química 2021 vai para Organocatálise Assimétrica. **Boletim eletrônica da SBQ**, 07 de outubro de 2021. Disponível em: <<http://boletim.sbq.org.br/noticias/2021/n3639.php>>. Acesso em: 22 de nov. de 2021.

FONSECA, V. **Cognição, neuropsicologia e aprendizagem: abordagem neuropsicológica e psicopedagógica**. 6 ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

FREderico, F. T. **Contribuições das imagens para o ensino de física numa perspectiva da teoria da dupla codificação: desafios, possibilidades e discussões**. 2016. 184 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

FREIRE, P. **Educação "bancária" e educação libertadora**. In: PATTO, M. H. S. et al. Introdução à psicologia escolar. 3 ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2006.

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. São Paulo: Cortez, 1986.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Tradução Maria Adriana Verissimo Veronese. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GERALDI, L., BIZELLI, J. Tecnologias da informação e comunicação na educação: conceitos e definições. **Revista Eletrônica de Política e Gestão Educacional**. v.

01. p. 115-136, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Injuí. Ed. Unijuí, 2008.

GUERRA, E. L. de A. **Manual de pesquisa qualitativa**. Belo Horizonte: Grupo Anima Educação, 2014.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 2 ed. Rev. e ampl. Porto Alegre: Artmed, 2014.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: Logical or psychological? **Chemical Education: Research and Practice in Europe**. v.1, n.1, p. 9-15, 2000.

KRASSILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: Edusp, 1987.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. **Theory in Practice**, v.41, n. 4, p. 212-218, 2002.

LABURÚ, F. M.; SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Proposta educacional de formação de imagens em espelhos reunindo dois experimentos cativantes. **A física na escola**. v. 19. n. 2. p. 23-27, 2021. Disponível em:<<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol19-Num2/FNE-19-2-201110.pdf>>. Acesso em: 30 de set. de 2021.

LATOURE, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. [tradução Angela Ramalho Viana]. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LEITE, B. **Tecnologias no Ensino da Química: teoria e prática na formação docente**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2015.

LEITE, B. Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 326-340, 2019. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/333516182_Tecnologias_no_ensino_de_quimica_passado_presente_e_futuro>. Acesso em 04 de out. de 2020.

LEVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LIMA, L. M.; FRAGA, C. A. M; BARREIRO, E. J. O renascimento de um fármaco: Talidomida. São Paulo: **Química Nova**. v. 24, n. 5, p. 683-688, 2001.

LUCENA, S. Culturas digitais e tecnologias móveis na educação. Curitiba: **Educar em Revista**. s/v. n. 59, p. 277-290, 2016.

MAGALHÃES, M. **Cartilha Anima Escola: técnicas de animação para professores e alunos/texto Marcos Magalhães; [organização Joana Milliet, Marcos Magalhães; ilustrações Marcos Magalhães, Victor Pacheco]**. -- 2. ed. -- Rio de Janeiro: IDEIA - Instituto de Desenvolvimento, Estudo e Integração pela Animação, 2015.

MARCHIONINI, G. Hypermedia and learning: freedom and chaos. **Educational Technology**. v. 28, n. 11, p. 8-12, 1988.

MARIANI, B. S. C. O político, o institucional e o pedagógico: quanto vale a língua que ensinamos? In: DEUSDARÁ, B., PONTES, G. **Miscelânea: Estudos linguísticos e literários**. Rio de Janeiro: Matruga. v. 23, n. 38, p. 43-63, 2016.

MARQUES, M. O. **Escrever é preciso: o princípio de pesquisa**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

MAYER, R. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MARSON, G. A., TORRES, B.B. Fostering Multirepresentational Levels of Chemical Concepts: A Framework to Develop Educational Software. Washington: **Journal of Chemical Education**. v. 88, n. 12, p. 116-162, 2011.

MIRANDA, G. L., MONTEIRO, E. **Conceção e desenvolvimento de ambientes de aprendizagem online**. 2013. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/guilherminamiranda/conceco-e-desenvolvimento-de-ambientes-de-aprendizagem-online>>. Acesso em 02 de ago. de 2021.

MORAES, R. Análise de conteúdo. Porto Alegre: **Revista Educação**, v. 22, n.37, p. 7-32, 1999.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. v. 9, n.2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.

MORAN, J. M. et al. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.

MORAN, J. M. Internet no ensino universitário: pesquisa e comunicação na sala de aula. Botucatu: **Debates - Interface**, v. 2, n.3, p. 125-130, 1998.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Ed. EPU. São Paulo, 1999.

MORRISON, R. T; BOYD, R. N. **Química Orgânica**. 14. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.

NARDI, R.; CASTIBLANCO, O. **Didática da Física** [recurso eletrônico]. 1. Ed. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2014. Disponível em: <https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2015/07/Did_Fis_Ed_Unesp.pdf>. Acesso em: 22 de nov. de 2021.

NASCIMENTO, J. K. F. **Informática aplicada à educação: Curso Técnico de Formação para os funcionários da Educação**. Ministério da Educação. Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

NEVES, K. C. R., BRAQUINI, M. H. A História da Disciplina Química (escolar) no

currículo Brasileiro. Tear: **Revista de Educação Ciência e Tecnologia**. Canoas, v. 7, n. 2, p. 2-16, 2018.

OLIVEIRA, L. H. M., CARVALHO, R. S. Um olhar sobre a história da química no Brasil. Viçosa: **Revista Ponto de Vista**, v. 3, p. 27-37, 2006.

OLIVEIRA, G. S. **Geração alpha entre a realidade e o virtual: sujeitos digitais**. Ijuí: Unijuí, 2019.

ORCOS, L.; MAGREÑÁN, Á. A., The hologram as a teaching médium for the acquisition os STEM contentes. **Int. J. Learning Technology**. v. 13. n. 2, p. 163-177, 2018.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. de H. **Teorias da Aprendizagem: texto introdutório**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de física. UFRGS, 2010.

ORTIZ, J. O. S.; KWECKO, V.; TOLÊDO, F.; DEVINCENZI, S.; BOTELHO, S. S. C. Recursos Educacionais Abertos: Uma Análise dos Objetivos de Aprendizagem Referenciados pela Taxonomia Digital de Bloom. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, IX., 2020, Natal/RN. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Rio Grande do Sul: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 122-131. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie>>. Acesso em: 22 de nov. de 2021.

PAIVIO, A. **Imagery and Verbal Processes**; **Psychology Press**. New York, NY, USA, 1971.

_____, A. Dual coding theory and education. Paper presented at the Conference on “Pathways to literacy achievement for high poverty children”, **Ann Arbor**, MI. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jim-Clark-10/publication/225249172_Dual_Coding_Theory_and_Education/links/542d58970cf277d58e8cc084/Dual-Coding-Theory-and-Education.pdf>. Acesso em 05 de nov. de 2021.

_____, A. **Minds and Evolution: a Dual Coding Theoretical Approach**. NewYork: Psychology Press, 2014.

PICCININI, C. L. **Imagens no ensino de ciências**: uma imagem vale mais do que mil palavras? In: MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; VILANOVA, R. O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula. Ed: Rio de Janeiro, 2012.

RAMACHANDIRAN, C. R.; CHONG, M.M.; SUBRAMANIAN, P. 3D Hologram in futuristic classroom: a review. **Periodicals of engineering and natural sciences**. v. 7. n. 2. 2019. Disponível em: <<http://pen.ius.edu.ba/index.php/pen/article/view/441>>. Acesso em: 25 de ago. de 2021.

ROCHA, J. S., VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. n. 18, 2016. Florianópolis/Santa Catarina. **Anais [...]**. Florianópolis/SC, 2016. Disponível em:< <https://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0145-2.pdf>>. Acesso

em: 20 de maio, 2022

RODEGHIERO, C. C. **Aprendizagem conectada em modos de participação no Scratch**: proposta de tipologia. Pelotas: UCPEL, 2016.

RODRIGUES, R. B. **Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação**. Recife: IFPE, 2016.

SADOSKI, M.; PAIVIO, A. **Imagery and text**: A dual coding theory of reading and writing. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 2001.

SANTAELLA, L. **Leitura de imagens**. São Paulo: Editora Melhoramentos. (Como eu ensino). 1ª ed., 2012.

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

SANTOS, L. C. P.; SANTOS, E. A.; SANTANA, L. dos S. Nada mais é do que o conectivismo influenciando a metodologia ativa em um processo de intervenção pedagógica. Santos: **REVISTA ELETRÔNICA PESQUISEDUCA**, v. 11, n. 24, p. 200-218, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/200>>. Acesso em: 16 de maio, 2022.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política. São Paulo: Cortez, 1985.

SCHEFFER, E. W. O. **Química: Ciência e Disciplina Curricular, uma abordagem história**. 1997. 160 p. Mestrado (Pós-Graduação em Educação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

SEABRA, J. M. Criatividade. **Psicologia.com.pt**: o portal dos psicólogos. 2007. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8918/30/pensamento_critico_e_pensamento_criativo_uma_reflexao_no_ensino.pdf>. Acesso em: 20 de nov. de 2021.

PAPERT, S. **Logo: Computadores e educação**. Tradução de José Arnaldo Valente; Beatriz Bitelman e Afira Ripper Vianna. São Paulo: Brasiliense, 1985.

SIEMENS, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. **International Journal Instructional Technology and Distance Education**, v. 2, p. 1-7, 2004.

SINGH, B. RYAN, H. KREDO, T. CHAPLIN, M. FLETCHER, T. Cloroquina ou hidroxiclороquina para prevenção e tratamento da COVID-19. Journal: **Banco de Dados Cochrane de Revisões Sistemáticas**, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD013587.pub2/full/pt>. Acesso em: 03 de junho, 2022.

SKINNER, B.F. **Sobre o behaviorismo**. São Paulo: Ed. Cultrix, 1974.

SMITH, C. STRICK, L. **Dificuldades de aprendizagem de A a Z. Um guia completo para pais e educadores**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

SPIRO, R. J. VISPOEL, W. L., SCHMITZ, J. G., SAMARAOUNGAVAN, A. BOERGER, A. E. Knowledge acquisition for application: cognitive flexibility and transfer in complex content domains. Technical Report n. 409. Hillsdale: **Erlbaum**, p. 2-20, 1987.

SPIRO, R. J.; FELTOVICH, P. J.; JACOBSON, M. J.; COULSON, R. L. Cognitive Flexibility, Constructivism and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Illstructured Domains. **Journal Educational Technology**, v. 31, n. 5, p. 24-33, 1991.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. **Química Orgânica**. 7. ed. New York: Ed. John Wiley & Sons, 2001.

SOLOMONS, T. W. G. **Química orgânica**: volume 1 / T.W. Graham Solomons, Craig B. Fryhle, Scott A. Snyder; tradução Edilson Clemente da Silva ... [et al.]. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SOUZA, H.G. Informática na educação e ensino de informática: algumas questões. **Em Aberto**. Ano II, n. 17, p.1-8, 1983.

SWELLER, J. **Cognitive Load Theory**: A Special Issue of educational Psychologist. LEA, Inc., 2003.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. **Revista Brasileira de informática na educação**. v. 18. n. 2, p. 4-16, 2010.

TAKAHASHI, E.T, VALENTE, J.A, BIANCHINI, S.M., FERRARI, J.O., VANINI, F.A., **Introdução a Computadores**. Versão Experimental. Campinas: IMECC-Unicamp, 1976.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. **Promover o Pensamento Crítico dos Alunos**: Propostas concretas para a sala de aula. Porto: Porto Editora, 2000.

VALENTE, J. A. Informática na educação no Brasil: análise e contextualização histórica. In: VALENTE, J.A. (Org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: Unicamp/Nied. p. 11-28, 1999. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~teixeira/livros/computador-sociedade-conhecimento.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

VIEIRA, F. M. S. **A utilização das novas tecnologias na educação numa perspectiva construtivista**. 2003. Disponível em: <www.proinfo.gov.br/biblioteca/texto/txnovatec.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2020.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZANGH, H. **Using 3D hologram to improvise classroom, Project and laboratory**

demonstration. 2017. Disponível em: <https://sites.rowan.edu/academic-affairs/_docs/facultycenter-docs/grantsandawards/2017-Zhang%20Using%203D%20Hologram%20to%20Improve%20Classroom.pdf>. Acesso em: 25 de set. de 2021.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind.** Cambridge: Harvard University Press, 1985.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind:** a sociocultural approach to mediated action. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

MILENE GRACIELE DE ALMEIDA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA:
ENSINO DA ISOMERIA ÓPTICA COM UTILIZAÇÃO DE PIRAMIDE
HOLOGRAFICA**

Londrina
2021

Introdução

As aulas de química no ensino médio colaboram para que os alunos se preparem para uma vida social com formação de pensamento crítico e proporciona o desenvolvimento da capacidade de interpretação de fatores do cotidiano e científicos. Assim, vindo a colaborar com a aprendizagem constrói-se uma sequência didática com abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), a qual aproxima o aluno da realidade em que convive, trazendo conteúdos contextualizados com cotidiano e assuntos de mídia proporcionando a convivência com os avanços científicos e tecnológicos. De acordo, com as diretrizes curriculares nacionais da educação básica (BRASIL, 2013), “a educação no ensino médio deve possibilitar aos adolescentes, jovens e adultos trabalhadores acesso a conhecimentos que permitam a compreensão das diferentes formas de explicar o mundo, seus fenômenos naturais, sua organização social e seus processos produtivos”.

Portanto, a formulação de uma sequência didática contextualizada, faz-se necessária, pois segundo Zabala (1998), esta tem como objetivo a melhora da atuação do professor nas aulas, a possibilidade de o aluno adquirir conhecimento devido a articulação do conteúdo e a relação estabelecida em classe. A organização dos conteúdos deve favorecer a explicação do professor em uma abordagem de forma conceitual, procedimental e atitudinal, beneficiando a construção pessoal de cada indivíduo envolvido na aprendizagem.

Deste modo, esta sequência didática aborda a isomeria óptica de medicamentos como antibióticos e antimaláricos que serão representados por forma de hologramas e foi pensada e elaborada com o intuito de proporcionar aprendizagem, desempenho cognitivo e estimular o pensamento crítico.

Objetivo:

- Ensinar isomeria óptica e seus conceitos através de imagens estruturadas representadas por meio de holograma;
- Aplicar questionário de pesquisa para analisar se o recurso didático pirâmide holográfica contribui para a formação de imagens referenciais auxiliando o ensino da isomeria óptica.

Disciplina: Química

Professora: Milene Graciele de Almeida

Turma: 3º ano ensino médio

Tema: Isomeria óptica

Conteúdos Trabalhados:

- Isomeria óptica;
- Quiralidade;

- Mistura racêmica.

Habilidades segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), 2018:

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Ensino médio, ciências da natureza e suas tecnologias (EM13CNT303)

Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Tempo da Sequência didática

2 horas aulas

Materiais Necessários:

- Computador
- Pirâmide holográfica
- Questionário
- Caneta

Aula 1:

Organização da turma:

Turma organizada em círculo para participação na aula.

Introdução:

Apresentação aos alunos sobre o tema a ser estudado de forma atitudinal, e explicação de como será aplicado e avaliado.

Ao introduzir a aula serão lançadas as seguintes questões:

-Você sabe o que é um antibiótico e as funções que ele tem no organismo humano?

- Vocês já ouviram falar em quiralidade, mistura racêmica? E estereoquímica?

- O que vocês sabem sobre isomeria óptica?

- Já ouviram falar em medicamentos anti-malárico cloroquina e hidroxicloroquina? Quantos carbonos quirais apresentam em sua estrutura?

Assim, serão debatidos e observados os conhecimentos prévios dos alunos.

Desenvolvimento:

- Discussão com os alunos sobre as percepções das questões abordadas;
- Introdução a isomeria óptica, através de conteúdos conceituais onde serão abordados as características, propriedades e o comportamento das substâncias químicas de mesma massa molar e com a capacidade de desviar o plano de luz polarizada.
 - Apresentação de estruturas para explicação de carbono assimétrico (carbono quiral), nomenclatura utilizada para designar os isômeros segundo o desvio da luz polarizada.
 - Explicação sobre enantiômeros e mistura racêmica com exemplificação através de estruturas de antibióticos e dos anti-maláricos.

Conclusão:

A aula será finalizada com aprofundamento dos estudos analisando as estruturas moleculares da cloroquina e hidroxicloroquina e identificação dos seus carbonos quirais presentes e desenho das possíveis configurações dos compostos.

Avaliação:

A avaliação será procedimental onde buscar-se-á o conhecimento adquirido do aluno após explicação do conteúdo através de questionário avaliando se ele consegue responder as questões levantadas no início da aula entre outras.

Aula 2**Organização da turma:**

A turma será organizada em círculo para interação na sala de aula com recurso didático a ser utilizado, a pirâmide holográfica.

Introdução:

Esta aula de cunho atitudinal, visa a observação do aprendizado dos alunos referente aos isômeros ópticos e seus conceitos frente as questões abordadas na Aula 1 e demais que venham a surgir. Assim, serão levantados questionamentos que busquem identificar a aprendizagem cognitiva e possíveis falhas nesse encaminhamento, a fim de iniciar a apresentação das estruturas moleculares através de hologramas.

Desenvolvimento:

Tendo em vista que os alunos já assistiram a uma aula conceitual, nesta, serão apresentados modelos moleculares, através de holografia que serão narradas pelo professor com o intuito de que facilite a visão dos alunos dos isômeros ópticos e seus conceitos.

- Estrutura de um isômero óptico, modelos não superponíveis;
- Carbono quiral;
- Isômeros levogiros e dextrogiros ou R/S.

- Mistura racêmica.
- Estrutura da cloroquina e da hidroxicloroquina, com pontuação de seus isômeros.

Conclusão:

Ao concluir será realizada uma conversa com os alunos, buscando identificar se eles conseguem fazer a identificação de carbono quiral na cloroquina e hidroxicloroquina e os seus devidos isômeros ópticos.

Avaliação:

Será disponibilizada aos alunos uma imagem em papel da cloroquina e solicitados a eles que reproduzam seus isômeros ópticos e juntamente com questão sobre os conceitos explicados durante a aula.

Finalização da sequência:

Na finalização da sequência será aplicado questionário de pesquisa com o intuito de avaliar se o uso de imagens através de pirâmide holográfica colabora com o sistema cognitivo do aluno com relações a aprendizagem dos conceitos estudados.

Referências Bibliográficas:

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**; Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.
- USBERCO, J. e SALVADOR, E. Química orgânica. São Paulo: Saraiva, 2009.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA DA UEL- MESTRADO E DOUTORADO (PMDQUI-UEL).

Caro(a) Aluno(a)

Este questionário faz parte de uma pesquisa qualitativa sobre a “UTILIZAÇÃO DE PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ISOMERIA ÓPTICA EM QUÍMICA”, sendo muito importante a sua resposta para a elaboração de dissertação de mestrado. As questões abaixo devem ser respondidas conforme a sua interpretação!

Sua colaboração é muito importante para os avanços desta pesquisa, desde já, agradeço a participação.

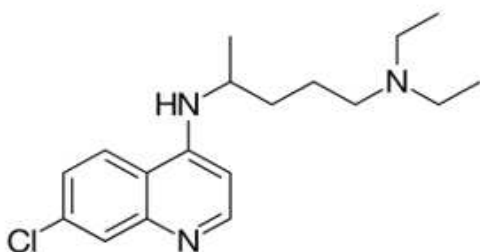
IDADE: _____

GENERO: _____

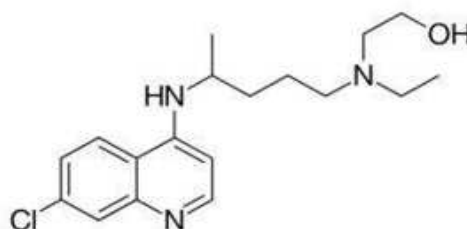
- 1) Descreva as suas impressões sobre a associação do conteúdo de isomeria óptica a um assunto do cotidiano e identifique o que mais lhe chamou atenção nesta abordagem:
- 2) O que você acha sobre a apresentação dos isômeros ópticos através de hologramas? Descreva os pontos positivos e negativos observados:
- 3) Ao abordar os conceitos de isomeria óptica, você considera que o uso das explicações acompanhadas das imagens holográficas animadas contribuiu para o aprendizado? Qual a sua opinião sobre essa forma de ensino do conteúdo?

- 4) Usar o protótipo de holograma para representação de isômeros ópticos ajudou a identificar o carbono quiral e a definir os isômeros Levógiros e Dextrógiros? Por quê? Justifique:
- 5) Considerando as duas aulas que você acompanhou, você considera que a sua aprendizagem sobre identificação de carbono quiral, enantiômeros e mistura racêmica, foi mais efetiva e facilitada com a utilização de imagens 3D ou sem a utilização de imagens 3D? Por quê?
- 6) Em sua opinião, o uso de imagens colabora para lembrar o conteúdo estudado? Por quê?
- 7) Você consegue identificar o carbono quiral e os isômeros das estruturas abaixo? Se sim, desenhe os isômeros indicando o carbono quiral.

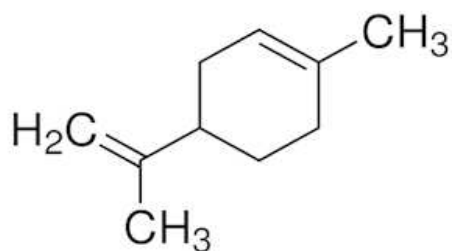
CLOROQUINA



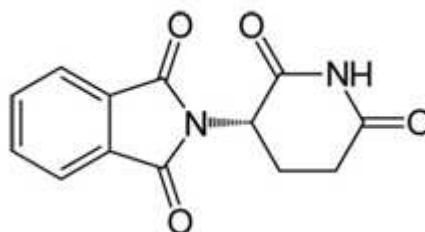
HIDROXICLOROQUINA



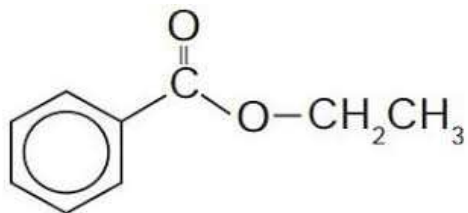
LIMONENO



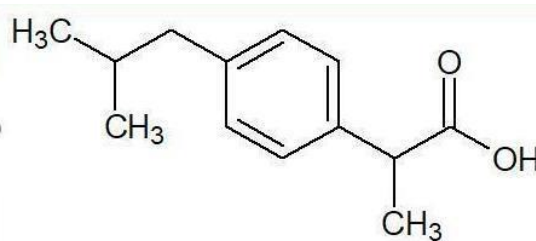
TALIDOMIDA



PRÓPOLIS



IBUPROFENO



8) Relacione a palavra abaixo com o que vem em sua imaginação:

ISOMERIA ÓPTICA

APENDICE C – QUADRO DE PRÉ ANÁLISE DAS CATEGORIAS EMERGENTES

Quadro 4 - Categorias emergentes a partir da análise da questão 1.

Categorias	Descrição da categoria	Unidades de Análise
1. Associa com outros aspectos do cotidiano	Respostas nas quais os alunos fazem associações com outros aspectos do cotidiano, os quais podem ser atribuídos indiretamente a isomeria óptica	A1V - <i>quando a gente se olha no espelho é um exemplo.</i> A4V - <i>Explica um composto que muda ao refletir em um espelho.</i> A7V - <i>O reflexo no espelho.</i> A10V - <i>Quando se olhamos no espelho.</i> A15N - <i>Sobre a carne e o leite os dois tem o mesmo ácido mais funções diferentes.</i> A16N - <i>O suco da carne que saí depois de descongelada ou quando o leite azeda.</i>
2. Não associa ao cotidiano	Respostas que não fazem associação com nenhum dos conceitos químicos apresentados nem com a contextualização aos medicamentos, ou seja, não leva a uma interpretação química	A3V - <i>A projeção semelhante ao vídeo que estava sendo passado.</i> A6V - <i>Pela falta de tecnologia que ainda não faz isso sozinha.</i> A4N - <i>O que me chamou mais atenção foi o uso da imagem para explicação.</i> A8N - <i>A pirâmide holográfica como forma de conteúdo a ser explicado.</i>
3. Respostas sem sentido ou em branco	Não conseguem explicar ou não respondeu	A11V – <i>entendi e não sei explicar</i> A12V – <i>muito legal</i> A17N – <i>holograma e explicação</i> A18N – <i>holograma e apresentação.</i>

Fonte – A Autora.

Quadro 5 - Categorias emergentes a partir da análise da questão 2.

Categorias	Descrição da categoria	Unidades de análise
1. Pontos positivos na abordagem com hologramas	Respostas que apresentam aspectos positivos observados pelos alunos na exemplificação dos conceitos da isomeria óptica	<p>A1V - ...os pontos positivos é que com o holograma é mais prático aprender os conteúdos...</p> <p>A2V - ...fica muito melhor de ser entendido com o holograma do que com a explicação no quadro.</p> <p>A2N - ... dá para ter uma noção maior dos isômeros, como são e como funcionam.</p> <p>A11N - ... é mais didático e maleável, já que pode se ensinar, vários assuntos e deixá-los atrativos.</p> <p>A16N - é bem interessante talvez ajude muitos casos de alunos que tem facilidade de aprendizagem com objetos reais ou em 3D.</p>
2. Pontos negativos na abordagem com hologramas	Respostas que apresentam pontos negativos, os quais podem ser melhorados e revisados para que a aplicação do recurso seja eficiente	<p>A3V - ... se você estiver na quina da pirâmide você não enxerga.</p> <p>A8V - ... alguns não conseguem entender.</p> <p>A9V - ... poderia ter apresentado mais compostos.</p> <p>A4N - ... as imagens ficaram um pouco falhadas.</p> <p>A8N - ... um pouco difícil de visualizar os hologramas.</p> <p>A21N - ... a resolução do diagrama era muito baixa, por esse motivo o diagrama ficou borrado e também do lado que eu estava a imagem estava ao</p>

		<i>contrário.</i>
3. Respostas sem interpretação ou em branco	Visa observar alunos que não conseguiram gerar uma compreensão ou não conseguiram emitir opinião	A11V – <i>Não identifiquei ponto negativo.</i> A12V – <i>Entendi mas não sei explicar.</i> A17N – <i>Foi incrível.</i> A18N – <i>Muito legal.</i>

Fonte – A Autora.

Quadro 6 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 3.

Categorias	Descrição da categoria	Unidades de análise
1. Abordagem do conteúdo	Nesta categoria buscou-se aspectos em que os alunos atribuíram palavras ou frases onde explicitassem a forma como interpretaram a abordagem do conteúdo com o uso da tecnologia	A3V - ... <i>essa forma faz com que o aluno ter mais interesse.</i> A5V - ... <i>seria uma ótima forma a ser explicado no ensino.</i> A8V - ... <i>é bom sair da rotina de explicações em sala, fazer atividades diferentes...</i> A2N - ... <i>é uma forma nunca vista por mim, então é muito bom conhecer essa nova plataforma de aprendizado.</i> A5N - ... <i>por ser uma “inovação” a uma atenção maior para o assunto.</i> A13N - ... <i>as escolas deviam intensificar o ensino com uso de imagens holográficas.</i>
2. Aula prática	Nesta categoria alocou-se os alunos que consideraram a utilização da tecnologia para abordagem do	A10V - ... <i>em aula prática alguma coisa se aprende melhor.</i> A6N - ... <i>ver na prática facilita o aprendizado.</i> A14N - ... <i>torna a aula uma verdadeira experiência para os alunos.</i>

	conteúdo como uma aula prática	
3. Respostas confusas e em branco	Nesta categoria encontram-se os alunos que não atribuíram sentido ou não compreenderam a abordagem utilizada na aula	A16N – <i>Depende muito de pessoa para pessoa, no meu caso tenho facilidade de entender em coisas ou desenhos planificados.</i>

Fonte – A Autora.

Quadro 7 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 4.

Categorias	Descrição das Categorias	Unidades de Análise
1. Afirma que obteve entendimento com utilização do recurso didático	Alunos que afirmam entender os conceitos, mas não expressam justificativas correlacionadas a eles, mas sim a ferramenta utilizada para o ensino..	A3V - ... <i>ficou mais fácil o entendimento.</i> A4V - ... <i>mostra de uma forma simples e com imagens facilita o entendimento.</i> A6V - ... <i>o uso da imagem mostrou detalhadamente como ocorre.</i> A6N - ... <i>cada um estava com uma cor diferente e ajuda a pessoa a lembrar cada ponto separado.</i> A10N - ... <i>deu para conseguir diferenciar o que era cada um e no que eles eram responsáveis.</i> A13N - ... <i>Porque dá para ver os lados isso torna mais fácil.</i>
2. O recurso didático não influenciou no	Alunos que consideram que a exposição dos conceitos com a utilização do recurso	A1V - ... <i>não achei que ficou muito diferente do que foi explicado no quadro, mas com certeza ajudou um pouco.</i>

entendimento dos conceitos	didático não influenciou a construção do conhecimento.	A8V - ... <i>não lembro da explicação.</i> A10V - ... <i>já tinha entendido.</i> A12V - <i>Entendi não sei explicar desculpa.</i> A19N - ... <i>a imagem estava nítida.</i>
3. Respostas sem sentido	Alunos que não responderam e não justificaram as respostas	A13V – <i>Sim.</i> A18N – <i>Não sei.</i>

Fonte – A Autora.

Quadro 8 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 6.

Categorias	Descrição das categorias	Unidades de análise
1. Ensino em geral	Atribuem contribuição das imagens ao ensino em geral como contribuintes para relacionar os conceitos.	A2V – ... <i>se a imagem for vista em uso de prova, talvez você lembra do conteúdo em si.</i> A3V – ... <i>se o aluno consegue entender melhor com imagem ela vai lembrar na hora de uma questão.</i> A4V – ... <i>pois lembrando da imagem que vimos conseguimos relacionar com a explicação e assim lembrar sobre o assunto.</i> A8V – ... <i>facilita para lembrar fórmulas usadas com os nomes.</i> A9V – ... <i>fixamos imagens melhor que textos.</i> A2N – ... <i>é mais fácil lembrar pois você pode rever e lembrar o conteúdo.</i> A4N – ... <i>o aluno consegue ficar com ela mais tempo na cabeça.</i> A6N – ... <i>facilita o aprendizado vendo a imagem, a imagem fica mais presente</i>

		<p><i>na mente.</i></p> <p><i>A7N – ... com imagens você consegue lembra mais fácil do conteúdo estudado.</i></p> <p><i>A10N – ... sem as imagens é meio complicado lembrar o conteúdo.</i></p> <p><i>A16N – ... a utilização busca a recordação do conteúdo ou desenvolvido do assunto estudado ou apresentado.</i></p>
2. Isomeria óptica/ imagens 3D	Atribuem contribuição das imagens somente aos conceitos específicos aplicados e utilizados na sequência didática desta pesquisa.	<p><i>A5V – ... é uma nova forma nova, e novidades sempre colaboram para um maior interesse, e como não é algo teórico e denso, faz um estudo mais interessante e de uma maneira diferente de aprender.</i></p> <p><i>A6V – ... ao usar a imagem do carbono e explicar como ele é um isômero óptico dá para ver detalhadamente como ocorre.</i></p> <p><i>A1N – ... são ferramentas para facilitar a comunicação de forma 3D virtual.</i></p> <p><i>A3N – ... facilita na identificação de cada elementos e do que se trata.</i></p> <p><i>A5N – ... assim pode se ver em vários ângulos diferentes.</i></p> <p><i>A13N – ... tem uma melhor visualização em 3D.</i></p>
3. Não lembra/ Não responde u	Não emitem considerações e contribuições.	<p><i>A10V – ... aula prática sempre melhor.</i></p> <p><i>A9N – Só pra quem tem imagem fotográfica como maneira de aprender.</i></p> <p><i>A11N – Depende, já pensou quem tem memória fotográfica e deve ser muito interessante isso...</i></p>

		A15N – ... pra identificar melhor.
--	--	------------------------------------

Fonte – A Autora.

Quadro 9 - Categorias emergentes a partir da análise das respostas a questão 8.

Categorias	Descrição da Categoria	Unidades de análise
1. Emite fragmentos dos conceitos	Alunos que citam palavras, ou fragmentos que nos encaminham aos conceitos ensinados.	<p>A1V – <i>Um espelho: Levógiros e Dextrógiros.</i></p> <p>A4V – <i>Levógiros e Dextrógiros.</i></p> <p>A5V – <i>Isomeria: dois objetos diferentes, mas feitos com os mesmos materiais (elementos), Óptica: uso da luz, capacidade de desviar a luz (levogiro e dextrogiro).</i></p> <p>A6V – <i>Carbono quiral, isômeros – levogiros e dextrogiros.</i></p> <p>A9V – <i>Espelho refletindo o que vemos, levogiros e dextrogiros.</i></p> <p>A4N – <i>Ela é um tipo de isomeria espacial ou estereoisomeria.</i></p> <p>A8N – <i>Parear, encaixar por ser igual, mas não encaixar por ter uma diferença. Ex: uma mão em frente ao espelho.</i></p> <p>A10N – <i>Os isômeros possuem a mesma fórmula molecular, mas são diferenciados por sua atividade óptica.</i></p> <p>A14N – <i>Diferentes feixes de luz que vão para ambos os lados direito e esquerdo.</i></p>
2. Associa ao recurso didático	Alunos que citam imagens 3D ou hologramas correspondendo ao recurso didático.	<p>A3V – <i>Na minha imaginação seria algo visual como um olograma.</i></p> <p>A8V – <i>Uma forma de visualizar fórmulas e facilitar o entendimento.</i></p> <p>A10V – <i>Algum objeto, pessoa, ou algo</i></p>

		<p><i>existente sendo transmitido em 3D.</i></p> <p><i>A2N – Imagem, visualizar a isomeria de vários ângulos.</i></p> <p><i>A13N – Projeção através de desenhos e espelhamento.</i></p> <p><i>A15N – O conceito e os desenhos.</i></p>
3. Outras associações / respostas sem sentido	Alunos que fazem associações com fatores que não envolvem os conceitos, o recurso didático e o cotidiano/ ou não sabem responder.	<p><i>A2V e A7V – Algo relacionado com a visão.</i></p> <p><i>A3N – Desenho.</i></p> <p><i>A5N – Vem um desenho na minha mente.</i></p> <p><i>A6N – Algo relacionado a luz.</i></p> <p><i>A9N – Imagem.</i></p> <p><i>A16N – Vários pontos de visão de algum objeto.</i></p>

Fonte – A Autora.