



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APRENDIZAGEM POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE GEOMETRIA  
MOLECULAR POR SIMULAÇÃO DIGITAL**

**Antonio Marcos Vilaça Pereira  
Orientador: Professor Dr. José Luiz de Souza Pio**

**Manaus-AM  
2021**

**ANTONIO MARCOS VILAÇA PEREIRA**

**APRENDIZAGEM POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE GEOMETRIA  
MOLECULAR POR SIMULAÇÃO DIGITAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Linha de Pesquisa: Tecnologias para Educação, Difusão e o Ensino de Ciências e Matemática.

**Orientador: Prof. Dr. José Luiz de Souza Pio – ICOMP**

**Manaus-AM**

**2021**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P436p      Pereira, Antonio Marcos Vilaça  
Aprendizagem potencialmente significativa de geometria  
molecular por simulação digital / Antonio Marcos Vilaça Pereira .  
2021  
169 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Luiz de Souza Pio  
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) -  
Universidade Federal do Amazonas.

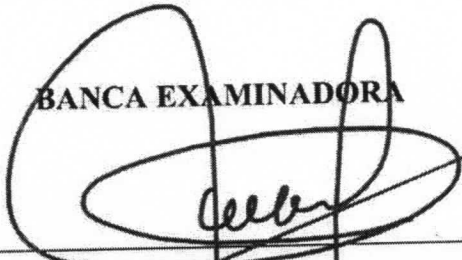
1. Aprendizagem de Química. 2. Geometria Molecular. 3.  
Simulação Digital. 4. Tecnologias Digitais de Informação e  
Comunicação. 5. Aprendizagem Significativa. I. Pio, José Luiz de  
Souza. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

# ANTONIO MARCOS VILAÇA PEREIRA

## APRENDIZAGEM POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE GEOMETRIA MOLECULAR POR SIMULAÇÃO DIGITAL.

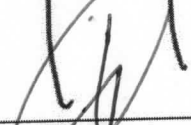
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPG-ECIM da Universidade Federal do Amazonas/UFAM, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

**BANCA EXAMINADORA**



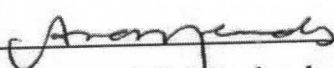
---

Prof. Dr. José Luiz de Souza Pio  
Presidente da Banca



---

Prof. Dr. Luiz Carlos Cerquinho de Brito  
Membro Interno



---

Profa. Dra. Ana Lúcia Mendes dos Santos

**Membro Externo**  
Profa. Dra. Ana Lúcia Mendes dos Santos  
Diretora de Extensão, Relações  
Empresariais e Comunitárias - DIREC  
UFAM/CMC / Campus Manaus - Centro  
Portaria Nº 937/GR/UFAM de 30/04/2017

## DEDICATÓRIA

Em memória de meu pai Raimundo Nunes Pereira e meus avós maternos Julita Drumond Vilaça e Carlos Vilaça Pinto.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, minha eterna gratidão por seu meu guia em todos os momentos de minha vida. Obrigado por iluminar o meu caminho. Minha vida tem sido marcada por realizações diárias, às quais, às vezes, não dou o devido valor, mas eu sei que a graça de Deus se faz presente em todos os momentos de minha vida.

Às minhas queridas e amadas, minha esposa Arliene Auxiliadora do Nascimento Bezerra Vilaça e minha filha Ana Beatriz Bezerra Vilaça, por me apoiarem em todos os momentos de minha vida e me estimularem a nunca desistir e a seguir em frente, a fim de superar quaisquer obstáculos, por mais difíceis que possam parecer.

À minha querida mãe, Clenir Vilaça Pereira, mulher batalhadora, dedicada aos filhos, companheira, corajosa, gentil e fiel a Deus. Quando olho pra você, eu tenho o exemplo instantâneo de como devemos ser, sentir, pensar e agir. Te agradeço por tudo que sou e pelo que tenho.

A todos os meus irmãos pelo apoio e dedicação nos momentos de trocas de ideias e sugestões durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. José Luiz de Souza Pio, pela dedicação e acompanhamento do projeto em todas as etapas; suas sugestões foram essenciais para a construção desta dissertação e, por isso, ofereço os meus mais sinceros agradecimentos, porque, sem você, este trabalho não existiria.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos Cerquinho de Brito e ao Professor Dr. Ettore Paredes Antunes pelas excelentes contribuições durante o exame de qualificação.

Aos membros da Banca de Defesa, Professora Dra. Ana Lúcia Mendes dos Santos e Professor Dr. Luiz Carlos Cerquinho de Brito, pelas preciosas sugestões e indicações oferecidas.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) pelas contribuições, ensinamentos e dedicação durante todo o percurso acadêmico.

Ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) por todo o apoio e colaboração e, principalmente, no momento em que precisei ficar de licença médica para acompanhar minha esposa para tratamento oncológico.

À SEDUC e aos meus queridos amigos gestores da Escola Estadual Dorval Porto, Wellyngton Miranda Mesquita e Elizandra Vieira Braga, e da Escola Estadual Professora Diana Pinheiro, Lincoln de Sousa Araújo Filho, pelo apoio e colaboração durante a execução das atividades *in loco*.

Aos meus queridos amigos do PPGEICIM 2018 e PPGEICIM 2019, mas, principalmente, a Mônica Martins da Silva, Ivan Hipólito Fonseca Cabral e Jardson Braz da Silva, que estiveram presentes em todos os momentos, bons e ruins, durante o mestrado: a companhia de vocês tornou as coisas mais serenas e descontraídas.

Ao grupo de pesquisa GPTIC-ECM, pela troca de conhecimento e sugestões que me ajudaram na construção deste trabalho.

Aos meus amigos professores Tatiana Leite, Fabian Medeiros, Bruno Teixeira e José Neto pelas valiosas colaborações na caminhada do mestrado.

E a todas as pessoas que se fizeram presentes durante esta caminhada, me incentivando e me dando força para conclusão deste trabalho. O meu obrigado de todo o coração.

## RESUMO

A aprendizagem de Química, ao longo dos anos, vem passando por grandes transformações, isso se deve ao fato de buscar novas alternativas de ensino com o intuito de favorecer a construção do conhecimento, evitando uma simples memorização de conteúdos. Materiais potencialmente significativos para o ensino são aqueles que são relacionáveis ou incorporáveis à estrutura cognitiva do aluno, de maneira não arbitrária e não literal, promovendo o processo de aprendizagem significativa. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma abordagem didático-pedagógica potencialmente significativa, pautada na concepção ausubeliana, com o uso da simulação computacional, auxiliada pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) como material potencialmente significativo para o aprendizado de geometria molecular. Essa abordagem possibilita o uso de várias estratégias e dos conceitos subsunçores para a Geometria Molecular, facilitando a aprendizagem e tornando-a significativa. A pesquisa pautou-se em uma abordagem qualitativa experimental, com dados coletados por meio de questionários diagnósticos, narrativas e exercícios de verificação de aprendizagem em uma Escola Pública regular do Ensino Médio localizada na zona Sul da cidade de Manaus, com a participação de 10 alunos voluntários do 1º ano, cujos resultados foram avaliados pela análise de conteúdo. Nos resultados foi possível identificar, por meio da teoria de Ausubel, que a aprendizagem significativa apontava para duas formas: subordinada e superordenada. Verificou-se, assim, que houve um melhor desempenho dos alunos participantes da pesquisa nas três primeiras questões do questionário pós-simulador e indícios de aprendizagem com características de diferenciação progressiva e reconciliação integradora nas duas últimas questões. Os resultados mostram que a simulação computacional é uma ferramenta tecnológica bastante eficaz, que gera uma aprendizagem dinâmica e significativa, especialmente no novo cenário pandêmico do novo coronavírus (SARS-COV2), quando tivemos que nos reinventar diante de tantas incertezas e adversidades.

**Palavras-chave:** Aprendizagem de Química, Geometria Molecular, Simulação Digital, Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e Aprendizagem Significativa.



## ABSTRACT

The learning of Chemistry, over the years, has undergone great transformations, this is due to the fact of seeking new teaching alternatives in order to favor the construction of knowledge, avoiding a simple memorization of contents. Materials that are potentially significant for teaching are those that are relatable to or incorporate into the student's cognitive structure, in a non-arbitrary and non-literal way, promoting the process of meaningful learning. In this sense, the objective of this work is to develop a potentially significant didactic-pedagogical approach based on the Ausubelian conception, with the use of computer simulation aided by the Information and Communication Digital Technologies (ICDT's) as potentially significant material for learning molecular geometry. This approach enables the use of several strategies and subsumer concepts for Molecular Geometry, facilitating learning and making it meaningful. The research was based on an experimental qualitative approach, with data collected through diagnostic questionnaires, narratives and learning verification exercises in a regular Public High School located in the southern zone of the city of Manaus, with the participation of 10 students of the 1st year volunteers, whose results were evaluated by content analysis. In the results, it was possible to identify through Ausubel's theory, that significant learning pointed to two forms: subordinate and superordinate. It was verified, therefore, that there was a better performance of the students participating in the research in the first three questions of the post-simulator questionnaire and evidence of learning with characteristics of progressive differentiation and integrative reconciliation in the last two questions. The results show that computer simulation is a very effective technological tool, which generates dynamic and significant learning, especially in the new pandemic scenario of the new coronavirus (SARS-COV2), where we had to reinvent ourselves in the face of so many uncertainties and adversities.

**Keywords:** Learning Chemistry, Molecular Geometry, Digital Simulation, Information and Communication Digital Technologies (ICDTs) and Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama mostrando a interligação das várias ciências pelas duas competências: investigação e compreensão .....	24
Figura 2: Interface do Programa ACD/CHEMSKETCH (FREEWARE), versão 2.1, 2019.....	28
Figura 3: Algumas ferramentas do programa ACD/CHEMSKETCH (FREEWARE), versão 2.1, 2019 .....	29
Figura 4: Esquema dos principais conceitos relativos à aprendizagem de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel relacionados com a Geometria Molecular. ....	33
Figura 5: Símbolo do ouro (Au) e barras deste metal .....	36
Figura 6: Modelo ilustrativo em balão da forma geométrica de uma molécula de CO <sub>2</sub> .....	37
Figura 7: Diagrama da Teoria da Assimilação segundo Ausubel .....	38
Figura 8: Diagrama da Assimilação Obliteradora .....	40
Figura 9: Mapa Conceitual para o ensino de Geometria Molecular usando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa .....	42
Figura 10: Um modelo de organização do ensino .....	48
Figura 11 Escola Estadual Dorval Porto.....	50
Figura 12: Etapas da coleta de dados .....	51
Figura 13: Cenas do filme que fazem alusão ao tema geometria molecular: “O professor alopado” (1996), na foto abaixo e a esquerda e abaixo e a direita “O homem sem sombra” (2000) .....	68
Figura 14: Resposta da 1ª questão do aluno E.S. do questionário dissertativo sobre as duas sequências de filmes reeditadas.....	69
Figura 15: Resposta da 2ª questão do aluno E.S. do questionário dissertativo sobre as duas sequências de filmes reeditadas .....	69
Figura 16: Resposta da 3ª questão do aluno A.C. do questionário dissertativo sobre as duas sequências de filmes reeditadas.....	70
Figura 17: Resposta da 4ª questão do aluno R.M. do questionário dissertativo sobre as duas sequências de filmes reeditadas.....	70
Figura 18: Comentários inadequados das quatro questões do questionário dissertativo do aluno K.O. sobre as duas sequências de filmes reeditadas .....	71
Figura 19: 1ª questão objetiva do questionário pré-simulador (via Google Forms) ...	73
Figura 20: 2ª questão objetiva do questionário pré-simulador (via Google Forms) ...	75
Figura 21: 3ª questão objetiva do questionário pré-simulador (via Google Forms) ...	77
Figura 22: 4ª questão objetiva do questionário pré-simulador (via Google Forms) ...	79
Figura 23: 5ª questão objetiva do questionário pré-simulador (via Google Forms) ...	81
Figura 24: Aula expositivas e dialogadas via Google Meet sobre os subsunçores necessários para a aprendizagem de Geometria Molecular: Teoria do octeto, camada de valência, ligações iônicas e representações de Lewis e compostos iônicos e moleculares .....	84
Figura 25: Aula expositiva e dialogada via Google Meet sobre ligações covalentes, polaridade das moléculas e Geometria Molecular .....	84
Figura 26: Alunos interagindo com a simulação digital de moléculas em 3D.....	88
Figura 27: Alunos interagindo com o simulador digital de moléculas e realizando as atividades propostas com o uso do roteiro impresso em folha de papel ofício A4 ....	89

Figura 28: Alunos realizando a atividade 3 de forma presencial e seguindo os protocolos de segurança contra o novo coronavírus .....	91
Figura 29 : Respostas do aluno J.S. com relação à atividade 3 .....	92
Figura 30: Respostas dos alunos K.O. G.S. e G.C. com relação à atividade 3 .....	93
Figura 31: Respostas do aluno R.S. com relação à atividade 3 .....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Questões relacionadas ao questionário pré-simulador e expectativas de respostas. ....	52
Quadro 2. Questões relacionadas ao questionário pós-simulador e expectativas de respostas .....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Principais recursos didáticos que facilitam a aprendizagem nas aulas de Química .....	62
Gráfico 2: Conceitos de Simulação .....	62
Gráfico 3: Conceitos de Software aplicativo .....	63
Gráfico 4: Conceitos de Software aplicativo de simulação .....	64
Gráfico 5: Exemplos de aplicativos .....	64
Gráfico 6: Principais dificuldades encontradas na aprendizagem na disciplina de Química .....	65
Gráfico 7: Principais dificuldades que o(a) aluno(a) poderia encontrar na aplicação de um simulador digital educacional em sua turma .....	66
Gráfico 8: Fontes de informação utilizadas pelo aluno .....	66
Gráfico 9: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação ao questionário dissertativo baseado nas duas sequências de filmes reeditadas .....	72
Gráfico 10: Respostas da 1ª questão objetiva do questionário pré-simulador .....	74
Gráfico 11: Respostas da 2ª questão objetiva do questionário pré-simulador .....	76
Gráfico 12: Respostas da 3ª questão objetiva do questionário pré-simulador .....	78
Gráfico 13: Respostas da 4ª questão objetiva do questionário pré-simulador .....	80
Gráfico 14: Respostas da 5ª questão objetiva do questionário pré-simulador .....	82
Gráfico 15: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na atividade com o uso do simulador .....	91
Gráfico 16: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa no exercício de verificação de aprendizagem com o uso do simulador .....	94
Gráfico 17: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 1ª questão do questionário pós-simulador .....	101
Gráfico 18: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 2ª questão do questionário pós-simulador .....	107
Gráfico 19: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 3ª questão do questionário pós-simulador .....	113
Gráfico 20: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 4ª questão do questionário pós-simulador .....	121
Gráfico 21: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 5ª questão do questionário pós-simulador .....	126

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais casos de Geometria Molecular .....	22
Tabela 2: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 1ª questão do questionário pós-simulador .....	97
Tabela 3: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 2ª questão do questionário pós-simulador .....	102
Tabela 4: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 3ª questão do questionário pós-simulador .....	107
Tabela 5: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 4ª questão do questionário pós-simulador .....	114
Tabela 6: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 5ª questão do questionário pós-simulador .....	122

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

**ACD/Labs**- Advanced Chemistry Development, Incor., Empresa de Desenvolvimento de Software para pesquisa e desenvolvimento de pequenas moléculas e também desenvolvedora do software ACD ChemsSketch Freeware, versão 2.1 de 2019

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular

**CEP** – Comitê de Ética em Pesquisa

**DNA** – Sigla inglesa que significa deoxyribonucleic acid (Ácido Desoxirribonucleico)

**i.e.** – Isto é

**PIBID** – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

**PCNEM** – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

**PCNEM+** - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

**PDF** – Sigla inglesa que significa Portable Document Format (Formato Portátil de Documento)

**PROINFO** – Programa Nacional de Tecnologia Educacional

**RPECV** – Repulsão de Pares Eletrônicos na Camada de Valência

**SARS-COV2/COVID 19** - Novo Coronavírus

**SEDUC/AM** – Secretaria de Estado de Educação do Amazonas

**TDICs** – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

**UFAM** – Universidade Federal do Amazonas

**UFRPE** – Universidade Federal Rural de Pernambuco

**2D** – Duas dimensões

**3D** – Três dimensões

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DA PESQUISA .....	16
1.2. MOTIVAÇÃO:.....	17
1.3. JUSTIFICATIVA.....	19
1.4. OBJETIVOS .....	19
1.4.1. Geral: .....	19
1.4.2. Específicos:.....	19
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	21
2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:.....	21
2.1.1. A Geometria Molecular, o Ensino de Química nos moldes da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e a necessidade do uso de TDIC'S no atual cenário de pandemia do novo coronavírus .....	21
2.1.2. Simulação: da definição aos simuladores educacionais .....	26
2.1.3. O simulador ACD/Chemsketch (Freeware) versão 2.1 de 2019 .....	28
2.1.4. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel .....	29
2.1.5. Principais conceitos relativos a aprendizagem na perspectiva ausubeliana .....	31
2.1.6. Subsúnciores e qual a sua origem .....	33
2.1.7. Condições para ocorrência da aprendizagem significativa .....	34
2.1.8. Organizadores prévios .....	35
2.1.9. Evidências da aprendizagem significativa .....	35
2.1.10. Tipos de aprendizagem significativa.....	36
2.1.11. Assimilação .....	38
2.1.12. Assimilação obliteradora .....	39
2.1.13. Formas de aprendizagem significativa .....	40
2.1.14. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa .....	41
2.2. TRABALHOS RELACIONADOS: .....	43
3. METODOLOGIA .....	46
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA: .....	46
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO ORGANIZACIONAL DE ENSINO.....	47
3.3. O CONTEXTO DA PESQUISA E OS SUJEITOS DA PESQUISA.....	49
3.4. PROCEDIMENTOS ÉTICOS .....	50
3.5. INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS .....	51
3.6. ANÁLISE DOS DADOS.....	55
4. APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E RESULTADOS .....	56
4.1. MODELO ORGANIZACIONAL DE ENSINO: PLANEJAMENTO, EXECUÇÃO E RESULTADOS.....	56
4.2. ANÁLISE DE CADA APLICAÇÃO .....	60
4.2.1. 1ª aplicação: Análise do questionário de sondagem com os alunos participantes da pesquisa .....	61
4.2.2. 2ª aplicação: Determinação da estrutura conceitual da matéria de ensino por meio dos conhecimentos prévios dos alunos participantes da pesquisa a partir de duas sequências de filmes reeditadas .....	68



4.2.3. 3ª aplicação: Identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Geometria Molecular por meio do questionário pré-simulador .....	72
4.2.4. 4ª aplicação e análise: metodologia de ensino utilizando um simulador digital de moléculas em 3D .....	83
4.2.5. 5ª aplicação: Assimilação dos novos conceitos sobre Geometria Molecular após o uso do simulador digital de moléculas .....	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	128
LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	132
TRABALHOS FUTUROS .....	132
REFERÊNCIAS .....	133
APÊNDICES .....	138
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS .....	138
APÊNDICE B- TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	146
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM .....	154
APÊNDICE D - DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL DA MATÉRIA DE ENSINO .....	156
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS/PRÉ-SIMULADOR .....	157
APENDICE F – ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM O USO DO SIMULADOR E EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM .....	158
APENDICE G – QUESTIONÁRIO PÓS-SIMULADOR .....	159
ANEXOS .....	163
ANEXO A – TERMO DE ANUÊNCIA APRESENTADO À INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	163
ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP .....	164

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DA PESQUISA

Quando nos referimos à aprendizagem de assuntos voltados para o ensino da Química, sempre nos deparamos com vários questionamentos por parte dos alunos, sejam da rede pública ou da particular. Trata-se da dificuldade na assimilação dos conteúdos dessa disciplina, considerados como de difícil compreensão, pois seu raciocínio, muitas vezes, requer muita abstração, o que, muitas vezes, dificulta o entendimento (SANTOS, 2010).

A sociedade tem apresentado, nestas últimas décadas, avanços científicos e tecnológicos significativos. Dessa maneira, é necessário refletir sobre as consequências desses avanços no meio em que se vive. Isso gera a necessidade de uma reformulação no ensino de Ciências, tornando-o menos tradicional e não só baseado em livros didáticos. É preciso problematizar, instigar o aluno a analisar, criticar e criar soluções para as situações presentes na sociedade da qual faz parte. O ensino formal deveria transpor os limites dos conteúdos teóricos e permitir aos alunos momentos de debates e reflexões em sala de aula sobre temas atuais, gerando análise e questionamento da realidade na qual estão inseridos, buscando, assim, uma tomada de decisão de forma crítica e consciente a respeito de um dado problema existente na sociedade.

Nessa perspectiva, a problemática da pesquisa pode ser sintetizada por meio da seguinte pergunta: Como tornar a aprendizagem de geometria molecular compreensiva, mais atrativa e com importância na vida do aluno?

Tornar a aprendizagem de Geometria Molecular mais compreensiva significa relacionar o novo material a ser aprendido à estrutura cognitiva do aluno de forma não arbitrária e não literal. Para tornar mais atrativo o processo de aprendizagem, é necessário que o aluno manifeste uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva, ou seja, ter significado na vida do aluno.

Como forma de melhor conduzir a pesquisa, foram definidas as seguintes questões norteadoras:

- Como se dá a aprendizagem significativa em ambientes de simulação digital?

- Como um processo didático baseado em simulação digital pode promover uma aprendizagem potencialmente significativa?

- Como avaliar a aprendizagem significativa em um ambiente de simulação?

A abordagem desenvolvida usa como recurso tecnológico um simulador. Esse arcabouço tecnológico visa fazer com que os conceitos de Geometria Molecular saiam do contexto abstrato para a forma de um objeto de aprendizagem físico. Para esse propósito, assume-se que a Geometria Molecular pode ser vista como uma máquina lógica (simulador) que recebe uma informação (estrutura química), realiza o processamento, predefinido num programa (*software*) e devolve para o usuário uma resposta (visualização em 3D).

Esta visão reconstruída da Geometria Molecular requer um modelo que nos dê o embasamento metodológico e constitua um processo de abordagem científica. Essa metodologia incentiva o aluno a caminhar junto com o professor na busca das soluções dos problemas.

## **1.2. MOTIVAÇÃO:**

A motivação principal deste trabalho foi a possibilidade de implementação de uma metodologia que, ao mesmo tempo, tornasse o aluno protagonista da sua própria aprendizagem e o estimulasse a ter uma maior responsabilidade pela construção do seu próprio saber.

A Química, quando se fala a respeito dos níveis de representação do conhecimento inerente à disciplina, converge para três formas de representação: a macroscópica, que se refere aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível; a simbólica, que envolve as fórmulas, equações e estruturas; e a microscópica, que trata a respeito do movimento e arranjo das moléculas, átomos e partículas. Para promover e potencializar a aprendizagem da Química, a partir da perspectiva desses três níveis, será necessário conduzir uma aprendizagem que adote estratégias e que viabilize a ligação desses níveis ao mesmo tempo.

A sociedade tem apresentado, nestas últimas décadas, avanços científicos e tecnológicos significativos. Dessa maneira, é necessário refletir sobre as consequências desses avanços no meio em que se vive. Isso gera a necessidade de uma reformulação no ensino de Ciências, tornando-o menos tradicional e não só

baseado em livros didáticos. É preciso problematizar, instigar o aluno a analisar, criticar e criar soluções para as situações presentes na sociedade da qual faz parte. O ensino formal deveria transpor os limites dos conteúdos teóricos e permitir aos alunos momentos de debates e reflexões em sala de aula sobre temas atuais, gerando análise e questionamento da realidade na qual estão inseridos, buscando assim, uma tomada de decisão de forma crítica e consciente a respeito de um dado problema existente na sociedade.

Segundo RAUPP et al. (2010): “A Química faz uso de inúmeras formas de representação, o que o torna uma ciência, predominantemente visual”. O uso de uma estratégia que permita alinhar esses níveis de representação num mesmo plano de ensino, além de proporcionar uma variada gama de representações de fenômenos químicos numa dimensão que consideramos visível, se faz necessário, pois contribui tanto ao ensino quanto à aprendizagem em Química. Notoriamente o uso de *softwares* computacionais educacionais, como os de simulação digital de moléculas, é de bastante relevância, pois a representação de moléculas pelo aluno evolui, a partir do momento em que ele manipula o *software*, tornando-o mais completo e correto e a dimensão espacial e geométrica das moléculas passa a ser considerada.

Outro fator motivacional é o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e também de um simulador digital educacional, ferramentas que são muito adequadas à situação atual de pandemia mundial do novo coronavírus, minimizando assim a contaminação e propagação do vírus.

O termo TDICS tem como significado “Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação” e seu uso popularizou-se por meio do projeto chamado PROINFO (Programa Nacional de Tecnologia Educacional) do Ministério da Educação de 1997. Tal programa tinha como objetivo promover o uso de tecnologias na educação para a melhoria do ensino; para isso, disponibilizou materiais para escolas da zona urbana e rural no Brasil. Segundo CARVALHO (2019): “Além de computadores, faziam parte do projeto cartilhas com sugestões de uso e disposição de um ambiente adequado”.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

Nos diversos trabalhos voltados para o ensino de Ciências com ênfase na Aprendizagem Significativa, não há a preocupação de se tratar o aparato teórico-metodológico apoiado na teoria ausubeliana e com um conjunto de mediações tecnológicas de apoio ao processo de ensino-aprendizagem de Geometria Molecular.

A utilização de *softwares* educacionais permite a simulação, a demonstração e as variáveis envolvidas nos fenômenos em que a matéria é transformada, em que são constatadas situações envolvendo a análise de arranjos geométricos, ligações químicas, atomística, processos físico-químicos, química orgânica, entre outros assuntos abordados pela Química como ciência investigativa. (MACHADO, 2016).

Ainda de acordo com MACHADO (2016), “os softwares educacionais de simulação são opções inovadoras para a representação de modelos dinâmicos, permitindo o desenvolvimento da compreensão conceitual dos estudos, que vão além do uso mecanizado dos próprios conceitos”.

No contexto deste trabalho, a simulação digital de estruturas moleculares surge como um recurso didático mais preciso para o ensino da geometria molecular, minimizando a abstração comum a esse conteúdo, permitindo que o aluno monte, otimize e manipule estruturas planas e depois faça sua visualização em 3D.

### 1.4. OBJETIVOS

#### 1.4.1. Geral:

Tornar a aprendizagem de Geometria Molecular potencialmente significativa por meio da simulação digital de estruturas moleculares inorgânicas.

#### 1.4.2. Específicos:

- Identificar os processos necessários para se obter uma aprendizagem significativa de Geometria Molecular;
- Descrever uma abordagem teórico-metodológica que possa viabilizar uma aprendizagem mais significativa de Geometria Molecular;
- Analisar se as estratégias de ensino com o uso do simulador digital promovem uma aprendizagem significativa de Geometria Molecular, a partir dos dados obtidos.

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Neste texto inicialmente apresenta-se o resumo do trabalho a ser desenvolvido; posteriormente o texto se divide em quatro capítulos, sendo o primeiro a introdução, a qual se subdivide em cinco partes: contextualização e problema da pesquisa, motivação, justificativa, objetivos gerais e específicos e organização do texto. No capítulo dois, constitui-se a revisão bibliográfica por meio qual é realizada a fundamentação teórica e são apresentados os principais trabalhos relacionados. No capítulo três apresenta-se a abordagem teórico-metodológica para o ensino de Geometria molecular. No capítulo quatro, a aplicação das atividades experimentais e resultados.

Na parte final do trabalho, temos as considerações finais, as limitações do trabalho, os trabalhos futuros e as referências.

## CAPÍTULO 2

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

##### 2.1.1. A Geometria Molecular, o Ensino de Química nos moldes da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e a necessidade do uso de TDICs no atual cenário de pandemia do novo coronavírus

No Ensino da Química, com relação aos diversos conteúdos abordados no 1º ano do Ensino Médio, podemos identificar um de bastante relevância, quando se trata da avaliação do processo de ensino-aprendizagem, onde há altos índices de reprovação, que é o de ligações químicas. As propriedades físicas das substâncias, também chamadas de critérios de pureza (estado físico, ponto de fusão e ebulição, densidade e solubilidade, entre outras), estão relacionadas, em grande parte, ao tipo de ligação química que seus átomos realizam na sua formação.

A ligação química está presente no mundo em que vivemos em todas as formas: nos produtos que consumimos, nas roupas que vestimos, nos recursos tecnológicos que utilizamos, entre outros, ou seja, de certa forma somos regidos pela dinâmica das ligações químicas.

TOMA (1997) destaca a importância da ligação química para o nosso cotidiano quando afirma que

O meio material ao nosso redor, com suas formas, propriedades e valores, reflete a enorme variedade de maneiras como os átomos se ligam para formar compostos. Por isso, as ligações químicas representam um assunto de fundamental importância, e seu conhecimento é essencial para um melhor entendimento das transformações que ocorrem em nosso mundo. Algumas substâncias, como as que compõem os alimentos e combustíveis, fornecem energia mediante a quebra e a formação de ligações químicas; outras interagem dando origem a novos compostos ou facilitam a dissolução de resíduos em um meio fluido (solventes, detergentes). Desse modo, a dinâmica das ligações químicas acaba regendo a nossa vida.

Para a compreensão do conteúdo de ligações químicas, o discente precisa estar ciente do que é um elemento químico, que cada um tem uma propriedade química e física específica e entender que a dinâmica de formação dessas ligações envolve apenas os elétrons da camada de valência (que se encontra no nível mais externo dos átomos) que irão compor a ligação e que esses elétrons, ao se ligarem para se estabilizar, terão que adquirir a configuração eletrônica de um gás nobre que, normalmente, são 8 elétrons. Aí reside o fato de a teoria de Lewis ser a primeira

explicação de uma ligação covalente, fundamentada no compartilhamento de elétrons, a ser amplamente aceita pela comunidade científica.

Corroborando essa ideia, Lee (1996) afirma que

A formação de ligações químicas envolve normalmente só o nível mais externo do átomo e, através da formação de ligações, cada átomo adquire uma configuração eletrônica estável. O arranjo eletrônico mais estável é a estrutura de um gás nobre e muitas moléculas possuem essa estrutura. Contudo, arranjos menos estáveis que a de um gás nobre ocorrem regularmente nos elementos de transição.

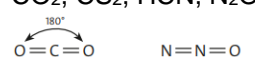
Segundo Fonseca (2016), O fato de uma molécula apresentar ligações covalentes polares não significa que ela será polar, pois essa característica depende também da geometria da molécula, ou seja, da forma como seus átomos se organizam no espaço. Identificar uma molécula como polar ou apolar é importante, já que essa característica influi, de maneira decisiva, nas propriedades da substância, como temperatura de fusão, de ebulição, solubilidade, dureza, etc.

A partir deste momento podemos prosseguir na dedução da geometria de moléculas, que é o foco desta pesquisa, levando em consideração as moléculas que podem possuir ou não um átomo central (que se encontra ligado a todos os demais átomos da molécula) pelo modelo da repulsão de pares de elétrons na camada de valência (RPECV).

Esse modelo foi aperfeiçoado, em 1957, por dois químicos: o francês R. J. Gillespie (1924-) e o inglês R. S. Nyholm (1917-1971), com base na teoria de Sidgwick-Powell, desenvolvida em 1940, sobre a geometria das moléculas.

Tem como base as seguintes características:

- O número de átomos das moléculas;
- As ligações do átomo central, ou seja, o átomo que está ligado a todos os outros átomos da molécula;
- Se o átomo central possui ou não pares de elétrons disponíveis, isto é, que não estão envolvidos em nenhuma ligação química.

Moléculas com	Átomo central	Geometria da molécula e ângulo entre ligações	Exemplos
2 átomos	Não possui átomo central.	Linear, 180°.	H <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , HCl, CO H—H    H—Cl    C≡O
3 átomos	O átomo central <b>não possui</b> par de	Linear: 180°, independe dos átomos	CO <sub>2</sub> , CS <sub>2</sub> , HCN, N <sub>2</sub> O 



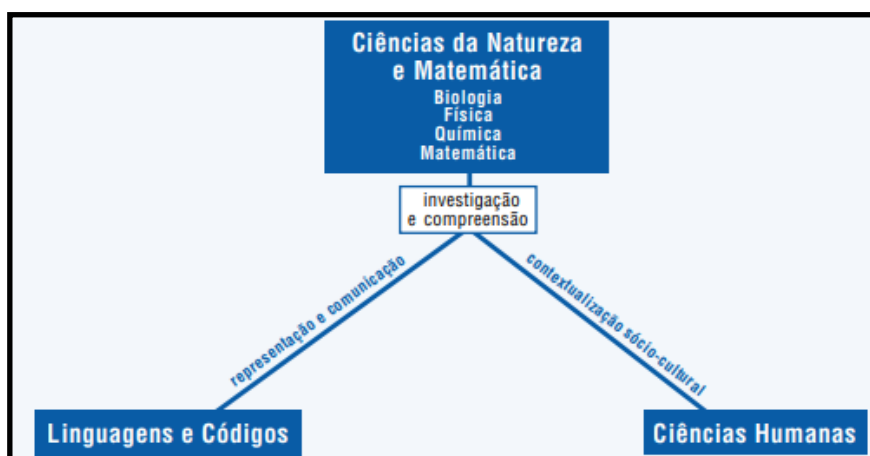
	elétrons emparelhados disponíveis	envolvidos.	
	O átomo central <b>possui</b> par de elétrons emparelhados disponíveis.	Angular: $104^{\circ}5'$ para $H_2O$ Família 16: o ângulo de ligação diminui no sentido: $H_2O > H_2S > H_2Se > H_2Te$	$H_2O$ , $H_2S$ , $NOCl$ , $SO_2$ 
4 átomos	O átomo central <b>não possui</b> par de elétrons emparelhados disponíveis	Trigonal plana ou triangular: $120^{\circ}$ .	$SO_3$ , $CH_2O$ , $NO_2Cl$ 
	O átomo central <b>possui</b> par de elétrons emparelhados disponíveis.	Piramidal ou pirâmide trigonal: $107^{\circ}$ para $NH_3$ .	$NH_3$ , $NCl_2$ , $SOCl_2$ 
5 átomos	Independente do átomo central.	Tetraédrica: $109^{\circ}28'$ É o ângulo que permite a maior distância entre quatro eixos que partem de um mesmo ponto.	
6 átomos	Independente do átomo central.	Bipirâmide trigonal ou bipirâmide triangular. Algumas ligações entre o <b>P</b> e o <b>Cl</b> , se encontram num ângulo $\alpha$ de $90^{\circ}$ , enquanto outras, num ângulo $\beta$ de $120^{\circ}$ .	$PCl_5$ 
7 átomos	Independente do átomo central.	Octaédrica: $90^{\circ}$ É o ângulo que permite a maior distância entre seis eixos que partem de um mesmo ponto.	$SF_6$ 

Tabela 1: Principais casos de Geometria Molecular. (Fonte: autor, adaptado de FONSECA, 2016).

Segundo os PCNEM+, com relação às diretrizes e aos parâmetros que organizam o Ensino Médio, a Matemática e as ciências da natureza (Química, Física e Biologia) integram uma mesma área do conhecimento e convergem para algo em comum: a investigação da natureza e desenvolvimentos tecnológicos, o compartilhamento de linguagens para a representação e sistematização do

conhecimento de fenômenos e processos naturais e tecnológicos. As disciplinas dessa área compõem a cultura científica e tecnológica que, como toda cultura humana, é resultado e instrumento da evolução social e econômica, na atualidade e ao longo da história (PCNEM+, 2002).

Ainda tratando do PCNEM+, há convergência com a área de linguagens e códigos, sobretudo no que se refere ao desenvolvimento da representação, da informação e da comunicação de fenômenos e processos, e com a área de Ciências Humanas – especialmente ao apresentar as ciências e técnicas como construções históricas, com participação permanente no desenvolvimento social, econômico e cultural. O diagrama da figura 1 mostra como acontece essa interligação das várias ciências pelas duas competências: investigação e compreensão.



**Figura 1: Diagrama mostrando a interligação das várias ciências pelas duas competências: investigação e compreensão. (Fonte: PCNEM+, 2002).**

A Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade. (Brasil. MEC, 2002, p. 87).

A proposta apresentada para o ensino de Química nos PCNEM se contrapõe à velha ênfase na memorização de informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados da realidade dos alunos. Ao contrário disso, pretende que o aluno reconheça e compreenda, de forma integrada e significativa, as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos em

diferentes contextos, encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola.

Vale frisar que o ensino de Química na educação básica deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico com estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais políticas e econômicas. (BRASIL, 1999, p.240).

Dessa forma, os estudantes podem [...] julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. (PCNEM, 1999).

É necessário aqui destacar que é importante e necessária “a diversificação de materiais ou recursos didáticos: dos livros didáticos aos vídeos e filmes, uso de computador, jornais, revistas, livros de divulgação e ficção científica e diferentes formas de literatura, manuais técnicos, assim como peças teatrais e músicas dão maior abrangência ao conhecimento, possibilitam a integração dos diferentes saberes, motivam, instigam e favorecem debates sobre assuntos do mundo contemporâneo”. (BRASIL, 2000, p.106).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (2018), as ciências da natureza têm as suas peculiaridades e elas envolvem uma sistematização dos conhecimentos conceituais em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas à sua aplicação em contextos diversos.

Corroborando esse pensamento, pode-se citar a competência 3 da BNCC para Ciências da Natureza:

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

Sendo assim, a habilidade (EM13CNT301) da BNCC se enquadra na perspectiva desta pesquisa:

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar

conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação criaram formas de relacionamento sociais, novos modelos de comércio e, também, novos padrões dentro de instituições; sendo assim, o setor educacional não poderia ficar fora disso por muito tempo.

Dessa forma, o uso de TDICs como o computador, *smartphones* e aplicativos voltados para a aprendizagem de Química são viáveis e, para o atual contexto de pandemia de COVID 19, são essencialmente necessários e promissores, uma vez que possibilitam a aprendizagem e não expõem o aluno a riscos de contaminação e disseminação.

A busca e a articulação de informações são facilitadas pelos dados disponíveis na rede mundial de computadores. É claro que a confiabilidade das fontes de informações deve ser objeto de atenção do professor. Há, também, hoje em dia, um conjunto de programas (*softwares*) para o ensino de Química que estão disponíveis (no mercado e na rede), cuja aplicação aos alunos deve ser avaliada pelo professor, levando em consideração a qualidade do programa, das informações fornecidas, o enfoque pedagógico, a adequação ao desenvolvimento cognitivo do aluno e à linguagem. Esse recurso também pode ser usado pelo professor ou pelo aluno para a criação de seus próprios materiais: na redação de textos, simulação de experimentos, construção de tabelas e gráficos, representação de modelos de moléculas. É também um meio ágil de comunicação entre o professor e os alunos, possibilitando, por exemplo, a troca de informações na resolução de exercícios, na discussão de um problema ou na elaboração de relatórios. Nos capítulos que veremos a seguir, daremos uma maior atenção à definição, objetivos e vantagens da simulação e à importância dos simuladores educacionais e conhecer um pouco sobre o simulador *ACD/Chemsketch* (Freeware), versão 2.1 de 2019.

### **2.1.2. Simulação: da definição aos simuladores educacionais**

A simulação é definida como uma imitação aproximada da realidade, operação de um processo ou sistema que representa sua operação ao longo do tempo. (BANKS et al., 2001). Pode ser usada em muitos contextos, como simulação de tecnologia para ajuste ou otimização de desempenho, engenharia de segurança,

testes, treinamento, educação e videogames. Nesta pesquisa, daremos mais ênfase aos simuladores digitais educacionais.

Para Cardoso (1998), a simulação tem como objetivo: proporcionar aos professores e alunos oportunidades para pesquisar dados biológicos, químicos, físicos e científicos fundamentados nas técnicas e ferramentas existentes. Busca-se desenvolver simulações que estejam mais próximas à realidade.

O software de simulação facilita o acesso e o manuseio por meio da ferramenta virtual, possibilitando a entrada do aluno no mundo do conhecimento científico. (ZAMPIER, 2016).

Cardoso (1998), destaca as principais vantagens na utilização de simulações e que possibilitam a individualização e entendimento de um determinado sistema computadorizado. São elas:

- Os softwares permitem a visualização à mudanças de parâmetros e variáveis que não seriam possíveis em um experimento biológico;
- O educador e instrutor poderá propor novas experiências, perguntas, entre outros, para o aluno responder, relatando sua rotina experimental e outros;
- Os aspectos visuais e quantitativos das experimentações podem ser feitas no próprio computador do aluno;
- O programa de simulação utilizado pelo aluno gerará uma autodocumentação, pontuação de acertos, gravados em disco ou enviados pela Internet possibilitando ao professor a avaliação técnica das táticas de aprendizado do aluno;
- A simulação poderá conter conexão de hipertexto com acesso a material didático em forma digital como: artigos, apostilas, manuais, shows de slides, vídeos, e sites sobre a temática proposta, permitindo que o aluno atinja seu interesse;
- As simulações são utilizadas com facilidade de forma semelhante na fase de aprendizagem e na fase de avaliação da aprendizagem;

Os simuladores educacionais podem ser vistos como recursos auxiliares para o entendimento do aluno em um ou vários conteúdos específicos de uma determinada disciplina, pois torna possível a contextualização entre conceitos vinculados à sua plataforma e a conteúdos ministrados em sala de aula.

Para Pereira e Sampaio (2008), o simulador educacional tem a seguinte característica:

Trata-se de um recurso a ser utilizado como apoio no processo aprendizagem, o qual através da simulação poderá sanar dúvidas e elevar o interesse pelo conhecimento, enriquecendo as pesquisas, levando a novas induções e descobertas, demonstrando dados curiosos voltados a ciências humanas, ainda, aumentando a interação entre professor e aluno visto que o ambiente torna-se propício para pesquisas de discussões acerca do tema apresentado.

### 2.1.3. O simulador ACD/Chemsketch (Freeware) versão 2.1 de 2019

O *Chemsketch* é um software de estruturação molecular da empresa *Advanced Chemistry Development Inc.* ou ACD. Ele possui várias funcionalidades que podem ser utilizadas em situações do ensino de química, tanto no Ensino Médio como no Ensino Superior.

A primeira versão freeware (gratuita) do ChemSketch foi lançada em abril de 1999 pela ACD/Labs. Ele é compatível com sistemas operacionais Microsoft Windows, trabalhando com barramento 32-bits. Além da versão gratuita, existe também a versão comercial que inclui mais funcionalidades e acesso a um banco de dados com mais de 30.000 compostos.

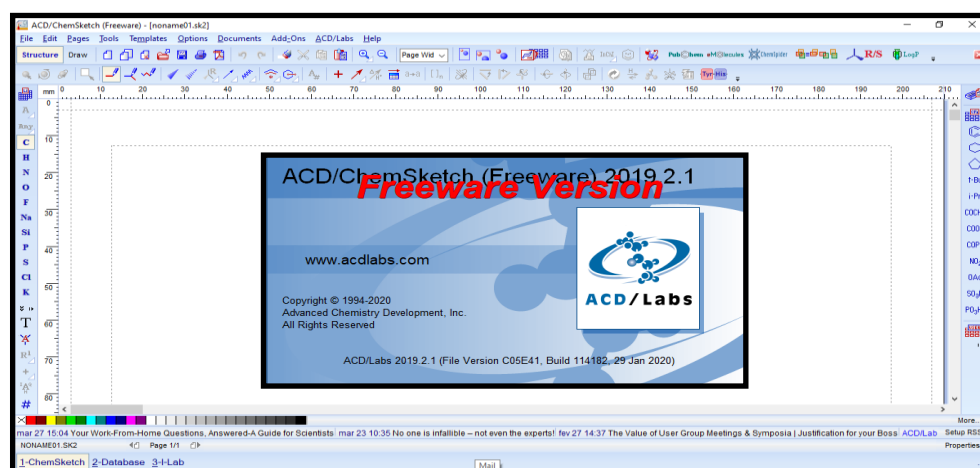


Figura 2. Interface do Programa *ACD/CHEMSKETCH (FREEWARE)*, versão 2.1, 2019.

Segundo SANTOS (2016), ele permite desenhar estruturas químicas, incluindo as orgânicas, os compostos de Grignard (ou organometálicos) e os polímeros. Entre suas ferramentas, pode-se elencar as seguintes possibilidades:

- Montar estruturas planas e otimizá-las para uma visualização tridimensional;
- Manipular estruturas em 3D;
- Nomear, de acordo com as regras da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), estruturas de até cinquenta átomos e três ciclos;
- Acessar uma base de templates com várias estruturas prontas de diversas classes de compostos (alcaloides, 6 vitaminas, carboidratos, ácidos nucleicos, compostos aromáticos, entre outros);

- Determinar dados estereoquímicos das estruturas desenhadas;
- Determinar diversas propriedades dos compostos desenhados, tais como: fórmula molecular, massa molar, densidade, tensão superficial, formas tautoméricas, índice de refração, volume molar, etc.;
- Salvar os projetos feitos em diversos formatos: jpeg, png, gif, pdf, entre outros, além do formato padrão do próprio programa;
- Montar mecanismos de reações orgânicas;
- Numerar carbonos em uma cadeia carbônica;

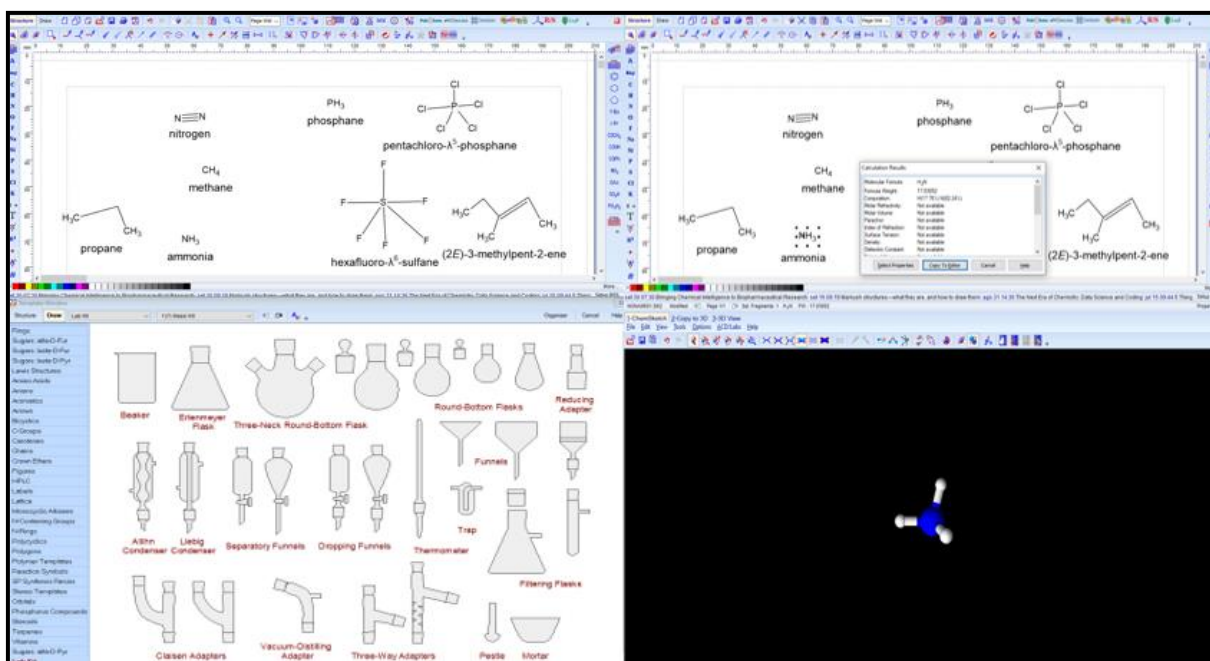


Figura 3. Algumas ferramentas do programa *ACD/Chemsketch* (Freeware), versão 2.1, 2019.

A versão utilizada nesta pesquisa é chamada de “*ACD/Chemsketch* (Freeware) versão 2.1, 2019”. Uma versão grátis para uso pessoal e acadêmico e compatível apenas com usuários de Windows de 64 bits.

Apesar deste programa ser de grande utilidade para a Química Orgânica, este recurso tecnológico foi utilizado para desenhar estruturas moleculares inorgânicas em 2D e visualizar todos os tipos possíveis de geometrias moleculares em 3D.

#### 2.1.4. A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

A aprendizagem significativa, podem-se distinguir três tipos gerais de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora.

Segundo Moreira (2003), a **cognitiva** resulta do armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. A **afetiva** por sua vez é resultante de sinais internos aos indivíduos e pode ser identificada com experiências tais como prazer e dor, satisfação e descontentamento, alegria e ansiedade. Pelo fato de algumas experiências afetivas acompanharem as cognitivas, elas ocorrem quase que concomitante. A **psicomotora** é aquela resultante de respostas musculares obtidas por meio do treino e da prática, como, por exemplo, tocar piano.

A teoria de Ausubel tem como foco primordial a aprendizagem cognitiva, e como ele é um dos representantes do cognitivismo, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivista, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele a aprendizagem significativa parte de uma premissa de que existe uma estrutura na qual a organização e a integração se processam, ou seja, é feita uma ponte entre a organização do conhecimento e a integração do material já existente na estrutura cognitiva do indivíduo; também tem, como inquietação, o processo de compreender, transformar, armazenar e verificar como será a nova informação a ser adquirida pelo aluno.

Moreira (1998) procura explicar o valor que Ausubel dá para a estrutura cognitiva do aluno, pois ela é a peça chave para a aprendizagem significativa. É a partir do que o aluno já tem de conhecimento prévio que o professor deve procurar estratégias de aprendizagem no cotidiano e adequá-las. É desta forma que novas ideias e informações podem ser aprendidas e fixadas na mente do discente. Segundo Moreira,

A atenção de Ausubel está constantemente voltada para aprendizagem, tal como ela ocorre em sala de aula, no dia a dia da grande maioria das escolas. Para ele, o fator que mais influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe (cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo). Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos.

Ainda de acordo com Moreira (1998), de modo mais amplo, pode-se definir o que é a Aprendizagem significativa na visão de Ausubel:

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem



significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

### **2.1.5. Principais conceitos relativos a aprendizagem na perspectiva ausubeliana**

De acordo com Ausubel (1989), a estrutura cognitiva pode ser entendida como “o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo ou, no contexto da aprendizagem de certos assuntos refere-se ao conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimento”, ou seja, há certa organização e hierarquia nas ideias, proposições que vão de conceitos mais gerais para conceitos mais específicos como, por exemplo, uma pessoa está cursando Licenciatura em Química e, até este momento, tudo o que ela adquiriu, armazenou e organizou sobre Química faz parte de uma estrutura cognitiva que está relacionada com seu contexto de aprendizagem, no caso, o ambiente universitário, a faculdade e, particularmente, o curso de Química. Para Ausubel, portanto, a ênfase se dá na aquisição, armazenamento e organização das ideias na mente do indivíduo, isto é, adquire-se uma nova informação, que se armazena e se organiza no cérebro. A estrutura cognitiva ausubeliana é extremamente organizada e hierarquizada, ou seja, acontece o encadeamento de várias ideias, intercalando-se de acordo com a relação que se estabelece entre elas, e também se ancoram e se reordenam novos conceitos e ideias que uma pessoa vai, progressivamente, internalizando e aprendendo. Toda estrutura cognitiva tem pontos de ancoragem: os novos conceitos vão se ligar e, a partir desse contato, irá ocorrer um reordenamento dessas ideias.

Para Moreira (1998), a estrutura cognitiva vem a ser o complexo organizado resultante dos processos cognitivos através dos quais se adquire e utiliza o conhecimento. Para favorecer a aprendizagem, é necessário que o professor busque alternativas na aquisição de conhecimento e a uma delas é a de fornecer subsídios entre o conteúdo e a organização das ideias numa área particular do conhecimento.

A aprendizagem, para Ausubel, consiste na ampliação da estrutura cognitiva através da incorporação de novas ideias, ou seja, na medida em que estamos aprendendo, estaremos ampliando a estrutura cognitiva, inserindo ou, ainda, incorporando ideias novas, conceitos novos a essa estrutura que já existe. Isso depende do tipo de relacionamento que se tem entre as ideias já existentes nessa

estrutura e as novas estruturas que estão se internalizando, gerando duas formas de aprendizagem: a aprendizagem significativa e a mecânica.

No que tange aos conceitos referentes às aprendizagens significativa e mecânica, Ausubel (1998) afirma:

A aprendizagem é dita significativa, quando uma nova informação seja ela (conceito, ideia ou proposição) adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, i. e., em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação.

Por outro lado, ela é mecânica, quando não há atribuição de significados pessoais com o que se quer aprender, ou seja, não significativa. O novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária. Durante um certo intervalo de tempo, o aluno será capaz de reproduzir a informação que ele armazenou em sua memória, porém não há a preocupação em saber por que o fenômeno ocorreu e tampouco que fatores influenciaram para que ele acontecesse, logo não garantirá flexibilidade e tampouco longevidade do que se aprendeu.

Pode-se destacar ainda, dois tipos de aprendizagem significativa por recepção (ou receptiva) ou por descoberta.

A aprendizagem receptiva é aquela em que o aluno recebe a informação ou conhecimento a ser aprendido em sua forma final; o aprendiz não precisa descobrir para aprender, pois a recepção do novo conhecimento está vinculada por meio de um livro, de uma aula expositiva e dialogada, de uma experiência científica, de um filme, de uma simulação digital entre outros.

Aprender receptivamente não implica em aprender passivamente o conhecimento, até porque, nesse tipo de aprendizagem, exige-se do aluno muito da sua atividade cognitiva para relacionar e interagir o conhecimento prévio com o novo conhecimento a ser assimilado e ele envolve outros processos como a captação de significados, ancoragem, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

A aprendizagem por descoberta, é aquela em que, primeiramente, o aluno descobre o que vai aprender; uma vez satisfeita a condição da formação do novo conhecimento, pula-se para a próxima etapa, ou seja, as condições para aprendizagem significativa, que são: o conhecimento prévio adequado para as situações que lhe são propostas e o interesse ou pré-disposição para querer aprender

o que está sendo ministrado. Esse tipo de aprendizagem é muito utilizado para atividades experimentais, como, por exemplo, as aulas de laboratório.

O esquema da figura 4 mostra a dinâmica dos principais conceitos relativos à Aprendizagem significativa, segundo Ausubel, relacionados à Geometria Molecular:

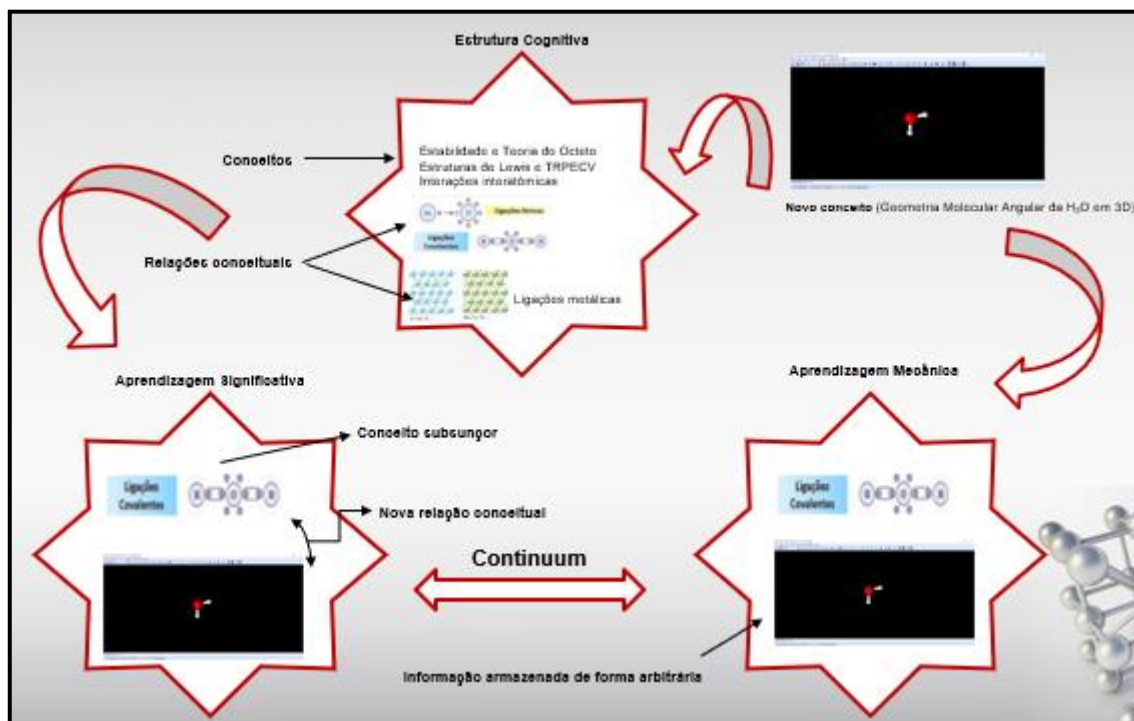


Figura 4: Esquema dos principais conceitos relativos à aprendizagem de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel relacionados com a Geometria Molecular. Fonte: (o autor, 2021).

### 2.1.6. Subsunçores e qual a sua origem?

Para Ausubel (1968), um subsunçor “é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz que serve de ‘ponto de ancoragem’ para uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuir significado”.

Para explicar a sua origem, uma possibilidade seria que uma nova informação teria sua origem na aprendizagem mecânica, ou seja, quando uma pessoa não conhece nada a respeito de uma determinada área ou determinado assunto ou de um determinado tema, precisará buscar essa informação. Como não tem, na sua estrutura cognitiva, um ponto de ancoragem, receberá a nova informação e irá aprender de forma mecânica até que alguns elementos relevantes dessa nova área ou novo conceito passem a existir na sua estrutura cognitiva e sirvam de subsunçores; é a partir desse momento que ocorrerá a possibilidade de a

aprendizagem ser significativa e, dessa maneira, se ampliará e servirá de ancoradouro para novas informações.

Pode-se citar, como exemplo, uma pessoa que nunca teve contato com a Química. O primeiro processo seria por aprendizagem mecânica, por meio de leitura, palestras, aulas, seminários entre outros. Com o passar do tempo alguns elementos subsunçores vão passar a existir (matéria, transformação e energia); dessa maneira a aprendizagem se tornará significativa e passará a ancorar novas informações (propriedades gerais, funcionais e específicas da matéria, estados físicos e de agregação e curvas de aquecimento e resfriamento de uma substância).

### 2.1.7. Condições para ocorrência da Aprendizagem Significativa

Como toda teoria da aprendizagem, a aprendizagem significativa de Ausubel, segundo Moreira (1999), tem uma ideia que permeia o pensamento do teórico e estão explicitas na citação abaixo:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, ou um conceito ou uma proposição já significativos.

Sendo assim, temos duas condições para ocorrência da aprendizagem significativa:

1) Que o material utilizado na aprendizagem seja **potencialmente significativo**, ou seja, que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Essa condição implica não só que o material seja suficientemente não arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponíveis em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados à informação que se quer aprender.

2) Que o aprendiz manifeste uma **disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva**. Logo, deverá demonstrar interesse ou estar disposto a querer adquirir novos conhecimentos e possivelmente modificar a sua forma de pensar sobre determinado assunto, já que suas ideias-âncora vão se relacionar com o fenômeno e reorganizar, ressignificando a sua estrutura cognitiva. Na visão dele, isso implica, que independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for apenas a de memorização, arbitrária e

literalmente, tanto o processo de aprendizagem como o produto obtido por meio dela serão mecânicos (ou automáticos). De maneira recíproca, independentemente de quão disposto estiver o aluno para aprender, o material não será potencialmente significativo, se não houver uma relação entre o processo e o produto da aprendizagem de forma significativa.

Nesse sentido, Bastos (2008) afirma que aprender Química de forma significativa implica em criar metodologias que busquem criar relações entre os conteúdos da disciplina com temas vindos da realidade do aluno, tendo como base o desenvolvimento de atividades educativas dinâmicas, utilizando como materiais didáticos jornais, revistas, filmes, textos pesquisados da internet, entre outros. Algumas dessas atividades serão usadas nesta pesquisa.

### **2.1.8. Organizadores Prévios**

Segundo Moreira (2006), organizadores prévios

são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade.

Como exemplo temos textos introdutórios, imagens, filmes, simulações, entre outros. Como se pode ver existem diversas possibilidades, sendo que o essencial é que elas sejam apresentadas, antes do material que será aprendido e que sejam mais abrangentes, gerais e inclusivos. É importante frisar que, para Ausubel, a principal função desses organizadores é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deve realmente saber, para que aprenda, de forma significativa, o material que será estudado. Em particular, vamos conhecer um pouco melhor o *software* (simulador) que fará a ponte entre o conhecimento químico e a aprendizagem significativa.

### **2.1.9. Evidências da Aprendizagem Significativa**

De acordo com o pensamento de Ausubel, *apud* Moreira (1999), a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Porém, ao se testar essa compreensão, simplesmente pedindo ao aluno que diga quais os atributos essenciais de um conceito ou os elementos necessários de uma proposição, pode-se cair no erro de obter

respostas mecanicamente memorizadas. O argumento, segundo ele, está no fato de que uma longa experiência em fazer exames faz com que o aluno se habitue a memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e maneiras de resolver “problemas típicos”. Sugere, então, como alternativa para evitar a “simulação de aprendizagem significativa”, a formulação de questões e problemas de uma nova maneira e que não seja familiar e que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Os testes de compreensão são citados como exemplo e, segundo ele, devem, no mínimo, ser escritos de maneira diferente da forma habitual e apresentados em um contexto de forma diferente daqueles sugeridos nos materiais instrucionais.

### 2.1.10. Tipos de aprendizagem significativa

Segundo Ausubel, *apud* Moreira (1999), no que concerne à aprendizagem significativa, ela se distingue de três tipos: representacional, de conceitos e proposicional.

a) Representacional – É o tipo mais básico de aprendizagem significativa do qual os demais tipos dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Estes passam a significar, para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam. Como exemplos na Química temos os símbolos dos elementos químicos na tabela periódica, que representam o seu nome. Au, por exemplo, representa o símbolo do metal ouro, como mostra a figura 5:

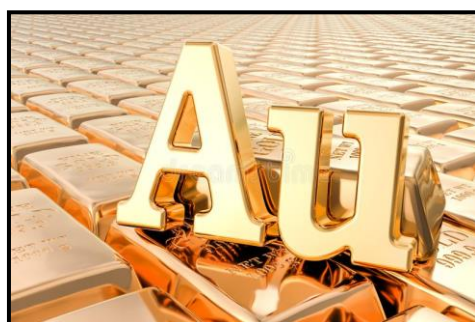


Figura 5. Símbolo do ouro (Au) e barras desse metal.

(Fonte: <https://pt.dreamstime.com/ilustra%C3%A7%C3%A3o-stock-au-do-aurum-do-ouro-sinal-do-elemento-qu%C3%ADmico-rendi%C3%A7%C3%A3o-d-image89776862>) Acesso em: 13/07/2021.

b) Conceitual – É de certa forma uma aprendizagem representacional, pois conceitos são também representados por símbolos particulares, porém são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, isto é, representam regularidades em eventos ou objetos. Ausubel distingue dois processos para aquisição de conceitos: formação de conceitos e assimilação de conceitos.

No caso da formação de conceitos, por exemplo, o aprendiz adquire o conceito do que é uma molécula a partir do momento que ele tem contato com um modelo que representa uma molécula qualquer, por exemplo, o  $\text{CO}_2$  (é uma molécula que contém dois átomos de oxigênio e 1 átomo de carbono) e da interação com outras pessoas com esse objeto, mesmo que seja representacional, conforme mostra a figura 6:



**Figura 6: Modelo ilustrativo em balão da forma geométrica de uma molécula de  $\text{CO}_2$ .** (Fonte: <https://br.depositphotos.com/8349839/stock-photo-co2-molecule.html>). Acesso em 13/07/2021.

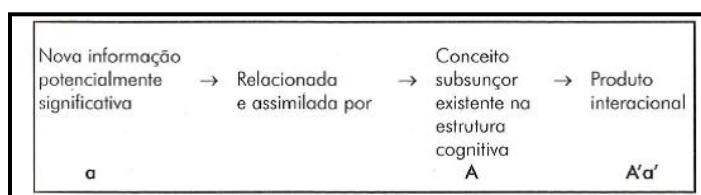
A assimilação de conceitos se produz na medida em que se amplia o vocabulário; os atributos, as qualidades dos conceitos são usadas para fazer definições. Por exemplo, o aprendiz, ao manter contato com modelos concretos de moléculas, tende a aprender que elas têm tamanhos diferentes, porque são formadas por átomos diferentes ou do mesmo tamanho, porque são formadas pelos mesmos átomos e que cada uma delas apresenta uma geometria molecular (no caso da figura 6 terá geometria linear (ângulo de  $180^\circ$  entre os átomos que formam a molécula) em função dos elétrons da camada de valência do átomo central (carbono) e os átomos de oxigênio e da estabilidade da ligação que será garantida devido à teoria do octeto.

c) Proposicional – Ao contrário da aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, mas, sim, aprender o significado de ideias em forma de proposição. De um modo geral, as palavras combinadas em uma sentença para construir uma proposição representam conceitos. A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora seja pré-requisito) e, sim, o significado das ideias expressas

verbalmente por meio desses conceitos sob a forma de uma proposição, ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição. Por exemplo, a proposição referente à ligação covalente só poderá ser aprendida significativamente depois que forem aprendidos os conceitos que, combinados, constituem tal proposição, como a teoria do octeto, ligação química, elétrons da camada de valência, estabilidade e estruturas de Lewis.

### 2.1.11. Assimilação

Segundo Ausubel *apud* Moreira (1999), para que fique mais claro o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, a proposta é a teoria da assimilação. Segundo ele, o resultado da interação que ocorre, na aprendizagem significativa, entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente é uma **assimilação** de antigos e novos significados que contribui para a diferenciação dessa estrutura. No processo de assimilação, mesmo após o aparecimento de novos significados, a relação entre as ideias-âncora e as assimiladas permanece na estrutura cognitiva. Esta possui valor explanatório tanto para a aprendizagem como para a retenção, podendo ser representado esquematicamente, conforme mostra o diagrama da figura 7:



**Figura 7: Diagrama da Teoria da Assimilação segundo Ausubel. (MOREIRA, 1999).**

Portanto, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição **a**, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva do mesmo. Tal como sugerido no diagrama, não só a nova informação **a**, mas também o conceito subsunçor **A**, com o qual se relaciona, são modificados pela interação. Além disso, **a'** e **A'** permanecem relacionados como coparticipantes de uma nova unidade **a'A'** que, em última análise, é o subsunçor modificado.



Por exemplo, se o conceito de ligação covalente deve ser aprendido por um aluno que já possui o conceito de ligações químicas bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (ligação covalente) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (ligações químicas) já adquirido. Entretanto, considerando que esse tipo de ligação só acontece com certas classes de elementos químicos (não metais e hidrogênio) em contraposição às outras ligações (iônicas e metálicas) que acontecem com metais e não metais, não somente o conceito de ligações covalentes adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de ligação química que ele já tinha será modificado e tornar-se-á mais inclusivo, isto é, seu conceito de ligação química incluirá agora também ligações iônicas e metálicas.

#### **2.1.12. Assimilação obliteradora**

Após o processo de aprendizagem significativa, ocorre o que chamamos o segundo estágio da assimilação, ou assimilação obliteradora, ou seja, as novas informações tornam-se espontâneas e progressivamente menos dissociáveis de seus subsunçores até que não sejam mais reproduzíveis como entidades individuais, atingindo um grau de dissociabilidade nulo e  $A'a'$  reduz-se simplesmente a  $A'$ . O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas informações. Observe-se, no entanto, que a ocorrência da assimilação obliteradora como uma continuação natural da assimilação não significa que o subsunçor volta à sua forma original. O resíduo da assimilação obliteradora é  $A'$ , o membro mais estável do produto  $A'a'$ , isto é, o subsunçor modificado. Outro aspecto a ser destacado é que, obviamente, descrever o processo de assimilação em termos de uma única interação  $A'a'$  é uma simplificação, pois, em menor escala, uma nova informação interage também com outros subsunçores e o grau de assimilação, em cada caso, depende da relevância do subsunçor. O diagrama da figura 8 mostra como acontece a assimilação obliteradora na perspectiva ausubeliana.

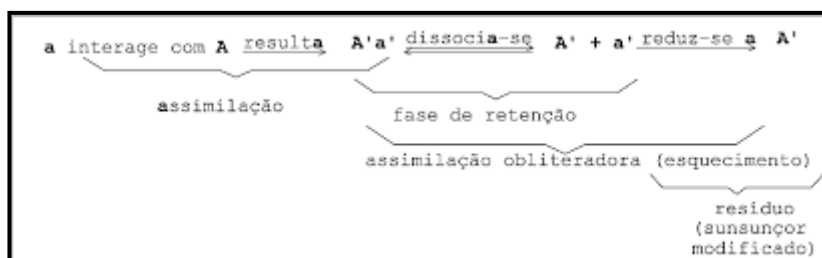


Figura 8: Diagrama da Assimilação Obliteradora. (MOREIRA, 1999).

### 2.1.13. Formas de aprendizagem significativa

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa pode ser aprendida de três formas: subordinada, superordenada e combinatória.

a) Subordinada – É o processo pelo qual a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, refletindo, assim, uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente. Pode-se ainda distinguir dois tipos de aprendizagem subordinada: a **derivativa** e a **correlativa**.

A derivativa ocorre quando o material aprendido é entendido como um exemplo específico de um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva, ou apenas corrobora ou ilustra uma proposição geral, previamente aprendida. Em ambos os casos, o significado do novo material emerge, rápida e relativamente, sem esforço, pois é diretamente derivável de, ou está implícito em, um conceito ou proposição mais inclusiva já existente na estrutura cognitiva. Por outro lado, o significado adquirido sofre, também, mais facilmente, os efeitos da assimilação obliteradora.

Por exemplo, aprender que se pode falar em ligações iônicas, ligações covalentes e ligações metálicas poderia ser um caso de aprendizagem subordinada derivativa para alunos que tivessem bem claro e diferenciado, em sua estrutura cognitiva, o conceito de ligação, e particularmente, o de ligações peptídicas, que é estudado na Biologia.

A correlativa, por sua vez, é aquela em que o material é aprendido como uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação dos conceitos ou proposições previamente aprendidas. É incorporada por interação com subsunçores, mais inclusivos, contudo, seu significado não está implícito e não pode ser adequadamente representado por esses subsunçores. Este é o processo pelo qual, mais tipicamente, um novo conteúdo é aprendido. Por exemplo, para o aluno aprender diferentes tipos de geometrias moleculares é necessário que ele tenha em sua estrutura cognitiva, o conceito do que seja uma molécula e como os elétrons da camada de valência desses átomos que compõem essa molécula se comportam ao adquirir a estabilidade.

b) Superordenada – É aquela que acontece quando uma proposição ou conceito potencialmente significativo é assimilado e passa a ancorar na sua estrutura cognitiva em conceitos já existentes, portanto ele passará a incluir em sua memória esses conceitos e a assimilá-los, tornando os pensamentos preexistentes subordinados a essa nova ideia, em outras palavras, o novo material mais geral e inclusivo assimila os da estrutura cognitiva preexistente.

c) Combinatória – É aquela em que a aprendizagem de novas proposições ou conceitos não pode ser assimilada nem por subordinação e nem por superordenação com relação às ideias relevantes já adquiridas anteriormente na estrutura cognitiva do aprendiz. De acordo com Pozo (1998), a ideia nova e as já estabelecidas não estão relacionadas hierarquicamente, porém se encontram num mesmo nível, não sendo nem mais específica, nem mais inclusiva do que as outras ideias. Ao contrário das duas primeiras formas de aprendizagem, a combinatória não é relacionável a nenhuma ideia particular da estrutura cognitiva.

#### **2.1.14. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa**

Segundo Ausubel *apud* Moreira (1999), quando um novo conceito ou proposição é aprendido por subordinação, isto é, por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor, este também se modifica. A ocorrência desse processo uma ou mais vezes leva ao que chamamos de **diferenciação progressiva** do conceito subsunçor. As ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início, para depois irem sendo progressivamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. A diferenciação progressiva promove que ideias e conceitos ditos mais gerais sejam apresentados e aprofundados aos poucos. O ser humano capta, mais facilmente, aspectos mais diferenciados de um todo inclusivo que faz parte de um conhecimento prévio.

Por outro lado, na aprendizagem superordenada (ou na combinatória), ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem, no decorrer de novas aprendizagens, ser reconhecidas como relacionadas. Portanto, novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados e a esta recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é que chamamos de **reconciliação integrativa**. Pode-se dizer também que é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação

progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações.

Esses processos são fundamentais na dinâmica da estrutura cognitiva de qualquer ser humano no decorrer da aprendizagem significativa e a aprendizagem em situações de ensino é facilitada pela lógica de funcionamento desses processos. Sendo assim, a maioria dos livros deveria usar tais processos como princípios programáticos da matéria de ensino de qualquer disciplina. Na verdade, o que se observa nas instituições de ensino é que os conteúdos didáticos são listados em um programa que é seguido linearmente sem troca de informações e que deve ser cumprido como se tudo fosse importante ou também como se os aspectos mais importantes tivessem que ser vistos no final de uma sequência didática. O resultado desse enfoque gira em torno da aprendizagem mecânica.

Além da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa e dos organizadores prévios, Ausubel também recomenda o uso dos princípios da organização sequencial e da consolidação para facilitação da aprendizagem significativa. O mapa conceitual descrito na figura 9, mostra como pode acontecer uma aprendizagem significativa de Geometria Molecular usando os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

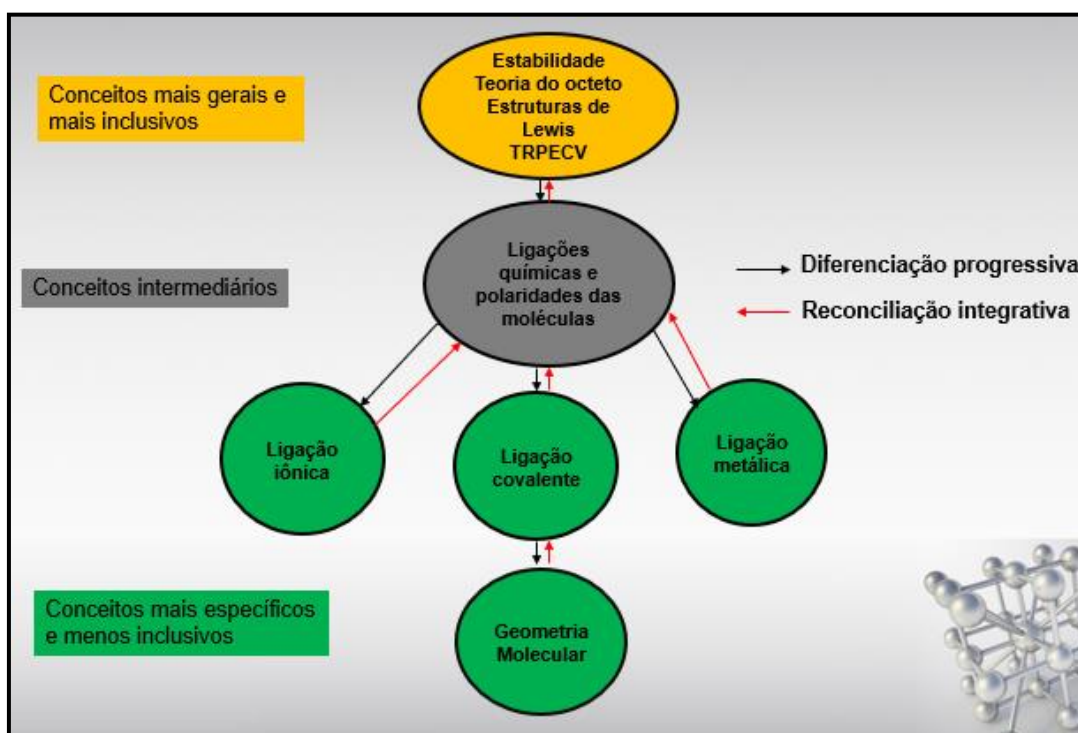


Figura 9. Mapa conceitual para o ensino de Geometria Molecular usando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. (Fonte: autor, 2021).

## 2.2. TRABALHOS RELACIONADOS:

Quando se fala em Geometria molecular, existe uma grande quantidade de trabalhos relacionados com que essa temática: trabalhos de conclusão de curso, artigos, dissertações e teses. Alguns foram elencados de grande relevância por trabalhar com a aprendizagem significativa e/ou simulação digital. Nesta pesquisa destacaremos os trabalhos de:

Bernardo (2015) propôs, em sua dissertação, a aprendizagem de Mecânica por meio de simulação computacional e utilizou como mediação o simulador digital *Interactive Physics*. O público alvo desse seu trabalho foram os alunos de Licenciatura em Física da UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco) que faziam parte do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) e alunos do 9º ano do Colégio da Polícia Militar de Pernambuco. Como o mestrado era de âmbito profissional, o produto educacional desenvolvido foi uma apostila com dez roteiros de experimentos sobre Mecânica com o uso desse simulador. Foram feitas oficinas didáticas com os dois grupos distintos de alunos e foi constatado que ambos os grupos apresentavam motivações comuns e interesses distintos durante a aplicação das oficinas. Foram feitos também dois questionários diagnósticos: O primeiro, para verificar o conhecimento prévio dos alunos a respeito do conteúdo Mecânica antes da simulação e o segundo para verificar a aprendizagem resultante após o uso do simulador. Foi realizada também uma atividade prática com o uso do simulador sobre o estudo da queda dos corpos.

Santos (2019) propôs, em sua dissertação, a aprendizagem de Geometria molecular por meio de simulação computacional na perspectiva de Ausubel. Utilizaram-se, como mediação, recursos tecnológicos: *datashow*, lousa digital e simulador digital (PhET Geometria molecular). Foram elaborados questionários diagnósticos em dois momentos: pré-simulador (quando foi feita uma sondagem) e pós-simulador (verificação da aprendizagem significativa). O objetivo dos questionários diagnósticos era o de avaliar, num primeiro momento, o conhecimento prévio dos alunos a respeito do conteúdo Geometria molecular e a evolução da aprendizagem após o uso do simulador. Vale ressaltar que as formas de aprendizagem significativa mereceram destaque nessa pesquisa. Foi verificado que os alunos utilizavam com mais frequência, nas suas atividades, os critérios de raciocínio das aprendizagens por subordinação e superordenação, verificou-se que,

em algumas questões, havia indícios de aprendizagem com características de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Ribeiro e Greca (2003) apresentaram uma revisão da literatura publicada sobre o uso de simulações de computador e modelagem que são ferramentas em Educação Química. As conclusões sobre as possibilidades de sua aplicação no currículo de Química, sua eficácia implementação, os métodos de ensino envolvidos, a metodologia de pesquisa e também os instrumentos de avaliação que foram utilizados e seus resultados foram descritos e analisados. A necessidade de desenvolver suporte teórico adequado para educadores que desejam começar a usar essa nova tecnologia em suas aulas de Química ficou evidente ao longo das pesquisas, bem como a falta de desenvolvimento de modelo, percepção entre educadores e alunos de Química.

Em sua dissertação de mestrado, Ribeiro (2011) investigou a construção de um organizador prévio no formato de curta de animação digital para o ensino de Física, discutindo os critérios didáticos e técnicos envolvidos nessa tarefa e mostrou-se efetivo nessa função, pois apresentou características relevantes suficientes dentro da perspectiva da aprendizagem significativa para validar sua utilização por meio de questionários pré e pós-teste.

Fernandez e Marcondes (2006) apresentaram uma revisão da literatura a respeito das concepções dos estudantes sobre ligações químicas e tinha como objetivo, alertar os professores sobre quais são as ideias mais comuns que surgem quando se estuda esse conteúdo. Sabendo de antemão quais seriam as dificuldades, ficaria mais fácil propor metodologias específicas para tentar superá-las.

Martins *et al.* (2019) basearam-se na construção de modelos pedagógicos para o ensino de Química, a partir de materiais alternativos para o ensino de Geometria Molecular, ficando evidente que o uso de modelos moleculares por meio de material alternativo torna a aprendizagem significativa, uma vez que é de fácil aquisição e com preço acessível, além de possibilitar que o aluno construa seu próprio conhecimento e crie uma representação real de moléculas com esse material.

Martins *et al.* (2020) usaram de simuladores virtuais nas aulas de Química como um recurso didático para auxiliar os professores durante suas aulas, visando, dessa forma, a aulas dinâmicas e benéficas para a aprendizagem dos estudantes, além de utilizar recursos tecnológicos dentro do ambiente escolar com finalidades educativas. O público alvo foram 50 alunos de duas turmas do 2º ano do Ensino

Médio dos turnos vespertino e noturno de uma escola estadual da rede pública de ensino e a aplicação do estudo foi feita com o simulador interativo PhET e aplicação de questionário para alunos e professores de Química e para elaboração de gráficos após a análise das respostas, um programa de estatística chamado *Minitab*. Na análise dos resultados, ficou evidente a necessidade de os docentes estarem atualizados quanto ao uso da tecnologia como recurso pedagógico no ambiente escolar, visto que esta enaltece o aprendizado dos alunos.

A dissertação de Silva (2016) apresentou uma sequência didática sobre Geometria Molecular, elaborada após uma análise de questionários diagnósticos aplicada com duas turmas do 1º ano do Ensino Médio no Município de Belford Roxo. A sequência foi desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica, elaboração de modelos com materiais alternativos e utilização de dois jogos didáticos, um dominó geométrico e um cara-a-cara geométrico.

Toma (1997) procurou ressaltar que os modelos de ligação química não são absolutos; ao contrário, são construções de uma outra ordem de realidade — a realidade do mundo infinitamente pequeno — que só podemos compreender com o uso de teorias que se modificam com o desenvolvimento da ciência. A partir das teorias analisadas, podemos refletir sobre qual modelo de ligação devemos ensinar a nossos alunos no nível médio, de modo que seja compatível com o modelo atômico adotado e com as explicações que pretendemos desenvolver a partir desses modelos.

Pauletti *et al.* (2014) desenvolveram um estudo bibliográfico que teve como objetivo, contextualizar a importância do ensino de Química e explorar todos os níveis de representação do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico. No final do estudo foram apresentadas duas estratégias de ensino que abrigam esses níveis de representação, tendo em vista a importância de o ensino abordar fenômenos químicos de forma concomitante entre os níveis de representação: as aulas experimentais e os *softwares* computacionais.

## CAPÍTULO 3

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA:

Este capítulo descreve todo o percurso metodológico adotado no desenvolvimento da pesquisa, tratando, assim, de maneira geral, de uma sequência estruturada das atividades que serão necessárias para a construção do conhecimento, bem como a aprendizagem significativa, além da aplicação e avaliação das atividades que serão medidas por simulação digital de moléculas.

Buscou-se, neste trabalho, uma metodologia definida com o viés interdisciplinar que tornasse possível atingir os objetivos inicialmente definidos. Portanto, do ponto de vista da forma de abordagem do problema, esta pesquisa tem caráter qualitativo com cunho descritivo. Segundo Sampieri (2013): O enfoque qualitativo é selecionado

quando buscamos compreender a perspectiva dos participantes (indivíduos ou grupos pequenos de pessoas que serão pesquisados) sobre os fenômenos que os rodeiam, aprofundar em suas experiências, pontos de vista, opiniões e significados, isto é, a forma como os participantes percebem subjetivamente sua realidade.

Tratando, ainda, da pesquisa qualitativa, considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser traduzida em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo da pesquisa qualitativa. É descritiva, do ponto de vista de seus objetivos, pois descreve as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis e experimental, do ponto de vista dos procedimentos técnicos, pois, quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-los, definem-se as formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Para o desenvolvimento da sequência didática do conteúdo de geometria molecular foram organizadas diferentes atividades. Para aplicações experimentais com o uso do simulador digital de moléculas, construímos um roteiro de atividades com base nos estudos de Ausubel. Durante a elaboração do roteiro de atividades, buscaram-se organizar as atividades, privilegiando o eixo temático **Matéria e Energia**. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), nesse eixo, os conhecimentos



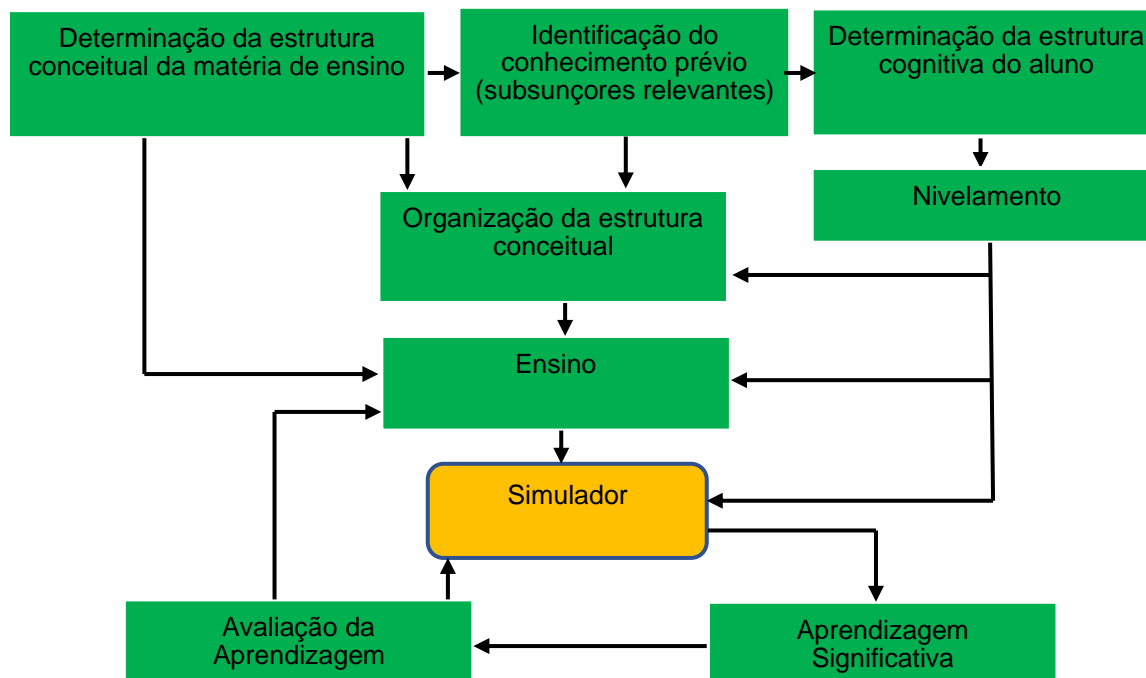
conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018).

Todas as etapas da pesquisa foram fotografadas e também gravadas em áudio e vídeo para documentar a coleta de dados de forma mais criteriosa para posterior análise dos resultados obtidos. Pelo caráter qualitativo da pesquisa, a análise de dados seguiu as orientações de Bardin (2016) com relação à análise de conteúdo, que consiste em uma técnica metodológica que pode ser aplicada a discursos diversos e a todas as formas de comunicação, seja qual for a natureza do seu suporte. Entre suas características, a análise de conteúdo tem o foco em mensagens (comunicações) e como objetivo a manipulação de mensagens para confirmar os indicadores que permitam inferir sobre a realidade que não a da mensagem.

Na metodologia da coleta de dados, procurou-se fazer uma análise comparativa entre as questões dissertativas, baseadas em duas sequências reeditadas de filmes, para determinação da estrutura conceitual da matéria de ensino e questionário inicial (pré-simulador), onde buscamos verificar o conhecimento prévio dos alunos, e o questionário final (pós-simulador), com o qual verificamos se houve aprendizagem significativa a partir dos conhecimentos assimilados.

### **3.2. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO ORGANIZACIONAL DE ENSINO**

Procurou-se desenvolver um arcabouço tecnológico, utilizando-se simulador digital como papel de facilitador da aprendizagem que assumiu o papel físico da geometria da molécula, com procedimentos orientados por meio de um modelo organizacional de ensino, conforme descrito na figura 10:



**Figura 10: Um modelo de organização do ensino. (Autor, adaptado de MOREIRA, 1983).**

Nesta pesquisa, foi utilizado o modelo de planejamento de ensino desenvolvido pelo autor da pesquisa adaptado de Moreira (1983), como um sistema de referência que foi readequado para a organização do ensino de Química. Nesse modelo, foi apresentada uma forma para planejar o ensino de uma disciplina em conformidade com a teoria da Ausubel. As primeiras tarefas, consideradas as mais difíceis de serem executadas, trataram da determinação da estrutura conceitual e proposicional da disciplina que foi ensinada; da identificação de quais subsunçores (conceitos relevantes ou ideias-âncoras), que devem estar presentes para a aprendizagem do conteúdo; e do mapeamento da estrutura cognitiva do aluno. Esta última tarefa teve por finalidade verificar se o aluno apresentou os subsunçores necessários para a aprendizagem do novo material, no caso, o simulador digital de estruturas planas. Caso isso não ocorresse, uma série de ações seria realizada, tais como a confecção de organizadores prévios e o uso de instrução adicional prévia para um processo de nivelamento do conhecimento dos alunos, a fim de que se pudessem disponibilizar os subsunçores para os mesmos. Quanto à organização do conteúdo, foi levada em consideração sua estrutura conceitual, o uso de organizadores prévios, a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e as relações naturais de dependência entre os tópicos; já para o ensino, a estrutura cognitiva do aluno, a

consolidação e o uso de estratégias e métodos instrucionais que facilitassem a aprendizagem significativa da estrutura conceitual de Geometria Molecular.

### 3.3. O CONTEXTO DA PESQUISA E OS SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida com uma turma do 1º ano do Ensino Médio do turno vespertino da Escola Estadual Dorval Porto (Figura 11), que fica no bairro do Crespo, na zona sul da cidade de Manaus. A escola atende exclusivamente à modalidade Ensino Médio nos três turnos em que funciona. Possui laboratório de informática conectado à *internet* com sistema operacional Linux e Windows 10 e rede *wifi* 2G para os professores e funcionários da escola. A coleta de dados ocorreu entre os meses de julho a agosto de 2021. Esse laboratório possui 15 computadores, todos em perfeitas condições de uso. Para realização da etapa de utilização do simulador pelos alunos participantes da pesquisa foram selecionados apenas 5, em virtude do distanciamento social e seguindo os protocolos de segurança em função da pandemia do novo coronavírus. Também foi criado um atalho na barra de tarefas e no menu iniciar referente à simulação Geometria Molecular que foi usada neste trabalho.

Dessa forma, de uma turma composta de 47 alunos, foram selecionados 20 alunos, que participaram da amostra para a pesquisa, sendo 10 alunos e 10 alunas em uma faixa etária compreendida entre os 15 e 17 anos de idade. Com o objetivo de manter preservada a identidade dos mesmos, cada um recebeu um código de identificação composto por duas letras maiúsculas e sigladas (inicial do nome e inicial do sobrenome) em substituição aos nomes. Por se tratar de adolescentes, os pais e/ou responsáveis foram informados dos objetivos da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), para uso de imagem, falas e atividades dos filhos (Apêndice A). Os alunos participantes da pesquisa também receberam e assinaram um termo de assentimento livre e esclarecido (TALE), conforme o apêndice B.



Figura 11: Escola Estadual Dorval Porto. (Fonte: Google Maps, jul. 2019).

### 3.4. PROCEDIMENTOS ÉTICOS

A gestão da escola autorizou o desenvolvimento da pesquisa, cujo modelo do Termo de Anuência encontra-se no Anexo A. A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), assegurando aos participantes que os dados coletados serão para fins educacionais, bem como a confiabilidade e o anonimato dos mesmos, sendo aprovada sob o número 45160621.1.0000.5020. Divulgaram-se as ações da pesquisa por meio de uma reunião, com o objetivo de verificar junto aos alunos e responsáveis o interesse de participar da mesma, sendo encaminhado para os responsáveis um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A), em duas vias, posto que a maioria dos discentes do 1º ano são alunos menores de 18 anos, e, para os voluntários, um termo de assentimento livre e esclarecido (Apêndice B), para que as informações coletadas pudessem ser utilizadas na investigação. A coleta de assinaturas durou mais de 45 dias, ocasionando um atraso na aplicação do projeto.

A respeito da análise dos resultados, com o intuito de resguardar o direito de anonimato dos alunos participantes da pesquisa, utilizaram-se as iniciais do nome e sobrenome em letra maiúscula e siglada como referência para cada participante, criando, no final, os seguintes códigos: A.C., B.S., E.S., G.C., G.S., J.S., K.M., K.O, R.M. e R.S.

### 3.5. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos da coleta de dados foram elaborados com base no seguinte esquema, conforme mostrado na figura 12:

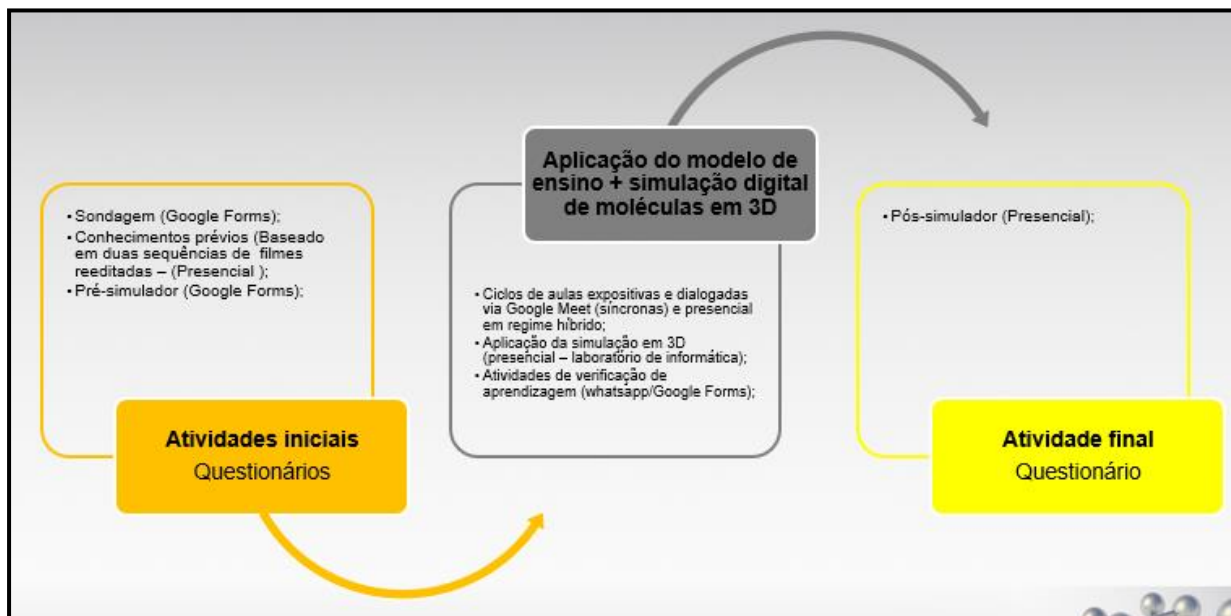


Figura 12: Etapas da coleta de dados. (Fonte: o autor, 2021).

Para a coleta de dados foram utilizados os questionários de sondagem, pré e pós-simulador (Apêndices C, E e G). Também foram coletados dados por meio das atividades de verificação de aprendizagem durante as aulas (virtuais/presenciais) conforme os apêndices (D e F). As atividades realizadas durante as aulas possuíam questões cujas finalidades eram: determinar a estrutura conceitual da matéria de ensino, no caso, geometria molecular por meio do uso das sequências de filmes reeditados, investigar o conhecimento prévio individual do aluno e sua habilidade com TDICs, registrar a assimilação de novos conceitos e avaliar a evolução conceitual dos alunos a partir da perspectiva da aprendizagem significativa.

A avaliação pós-simulador envolveu todo o conteúdo que faz parte de geometria molecular (subsunçores e identificação das geometrias, bem como a polaridade das moléculas), tendo como propósito de verificar a compreensão dos alunos em relação ao conhecimento sobre Geometria Molecular. A avaliação pós-simulador (Apêndice G) foi aplicada após as atividades com o modelo de simulação.

Para analisar as respostas dos alunos, buscamos como expectativas respostas de conceitos científicos para compararmos com o conteúdo das respostas dos alunos participantes da pesquisa e realizar a classificação em categorias: No questionário pré-simulador, como foram formuladas questões objetivas, adotamos as categorias: “adequadas” para as respostas corretas e “inadequadas”, para as incorretas; por outro lado, no questionário pós-simulador, utilizamos também as categorias “adequadas” (aquelas que evidenciam aprendizagem subordinada ou superordenada) e “inadequadas” para aquelas em que o aluno não obteve conceitos apropriados referentes à construção da aprendizagem significativa de Ausubel, pois as questões formuladas foram de cunho dissertativo. No que diz respeito à organização, as respostas escolhidas foram aquelas que pudessem estar mais próximas aos conceitos químicos que utilizamos como parâmetros com a finalidade de representar cada categoria.

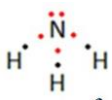
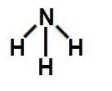
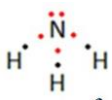
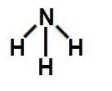
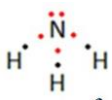
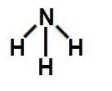
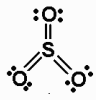

As questões do questionário pré-simulador, após a validação, encontram-se acompanhadas das seguintes expectativas de respostas, conforme o quadro 1, descrito abaixo.

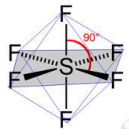
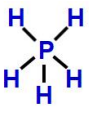
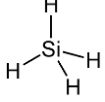
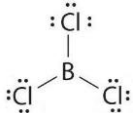
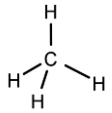


Questões	Expectativas de respostas
1) (UERJ 1998) Apesar da posição contrária de alguns ortodontistas, está sendo lançada no mercado internacional a "chupeta anticárie". Ela contém flúor, um já consagrado agente anticárie, e xilitol, um açúcar que não provoca cárie e estimula a sucção pelo bebê. Considerando que o flúor utilizado para esse fim aparece na forma de fluoreto de sódio, a ligação química existente entre o sódio e o flúor é denominada:	"Iônica"
2) (UERJ/2001) A figura abaixo representa o átomo de um elemento químico, de acordo com modelo de Bohr. Para adquirir estabilidade, um átomo do elemento representado pela figura deverá efetuar ligação química com um único átomo de outro elemento, cujo símbolo é:	"S"
3) O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias como odor, sabor, coloração e solubilidade. As figuras apresentam as estruturas das moléculas CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S e PH <sub>3</sub> . Quanto às forças intermoleculares, a molécula que forma ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) com a água é:	"NH <sub>3</sub> "
4) Sabe-se que a atmosfera do nosso planeta é composta por uma mistura gasosa que apresenta, por exemplo, os gases CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> . As moléculas desses gases, respectivamente, apresentam quais geometrias moleculares?	"Tetraédrica, Angular, Linear e Trigonal"

5) O dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) é um gás essencial no globo terrestre. Sem a presença desse gás, o globo seria gelado e vazio. Porém, quando ele é inalado em concentração superior a 10%, pode levar o indivíduo à morte por asfixia. Esse gás apresenta em sua molécula um número de ligações covalentes igual a:	“4”
--	-----

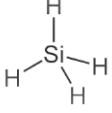
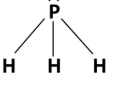
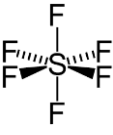
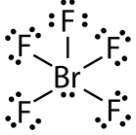
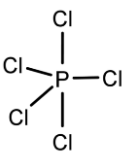
**Quadro 1: Questões relacionadas ao questionário pré-simulador e expectativas de respostas.**  
(Fonte: o autor, 2021).

As questões dissertativas do questionário pós-simulador, após a validação, encontram-se no quadro 2. Como parâmetros foram utilizados os conceitos químicos aprendidos durante as aulas expositivas e dialogadas (virtuais/presenciais) e uso do simulador.

Questões	Expectativas de respostas																
<p>1) A amônia é um gás incolor, que apresenta um cheiro irritante e se encontra presente em uma mistura denominada <b>inalador de amônia</b>, utilizada para restabelecer pessoas que desmaiaram</p> <p>A <b>amônia</b> é produzida industrialmente, conforme a reação química a seguir:</p> $\text{N}_2 (\text{g}) + 3\text{H}_2 (\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3 (\text{g})$ <p>Baseado no que você já viu e aprendeu sobre o modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, a partir das aulas virtuais e síncronas e na atividade experimental usando simulação digital em 3D de moléculas inorgânicas usando o aplicativo <i>ACD/Chemsketch Freeware 2.1</i>, versão 2019, desenhe as fórmulas eletrônica e estrutural e diga qual o tipo de geometria do gás nitrogênio (N<sub>2</sub>), gás hidrogênio (H<sub>2</sub>) e do gás amônia (NH<sub>3</sub>).</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="826 943 986 999">Substâncias</th> <th data-bbox="986 943 1129 999">Fórmula eletrônica</th> <th data-bbox="1129 943 1273 999">Fórmula estrutural</th> <th data-bbox="1273 943 1417 999">Geometria molecular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="826 999 986 1128">N<sub>2</sub></td> <td data-bbox="986 999 1129 1128" style="text-align: center;">:N≡N:</td> <td data-bbox="1129 999 1273 1128" style="text-align: center;">N≡N</td> <td data-bbox="1273 999 1417 1128" style="text-align: center;">Linear</td> </tr> <tr> <td data-bbox="826 1128 986 1258">H<sub>2</sub></td> <td data-bbox="986 1128 1129 1258" style="text-align: center;">H:H</td> <td data-bbox="1129 1128 1273 1258" style="text-align: center;">H-H</td> <td data-bbox="1273 1128 1417 1258" style="text-align: center;">Linear</td> </tr> <tr> <td data-bbox="826 1258 986 1447">NH<sub>3</sub></td> <td data-bbox="986 1258 1129 1447" style="text-align: center;">  </td> <td data-bbox="1129 1258 1273 1447" style="text-align: center;">  </td> <td data-bbox="1273 1258 1417 1447" style="text-align: center;">Piramidal trigonal</td> </tr> </tbody> </table>	Substâncias	Fórmula eletrônica	Fórmula estrutural	Geometria molecular	N <sub>2</sub>	:N≡N:	N≡N	Linear	H <sub>2</sub>	H:H	H-H	Linear	NH <sub>3</sub>			Piramidal trigonal
Substâncias	Fórmula eletrônica	Fórmula estrutural	Geometria molecular														
N <sub>2</sub>	:N≡N:	N≡N	Linear														
H <sub>2</sub>	H:H	H-H	Linear														
NH <sub>3</sub>			Piramidal trigonal														
<p>2) (UFRGS-RS) O modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência estabelece que a configuração eletrônica dos elementos que constituem uma molécula é responsável pela sua geometria molecular. Relacione as moléculas com as respectivas geometrias e desenhe-as:</p> <p>Dados: números atômicos: H (Z = 1), C (Z = 6), N (Z = 7), O (Z = 8), S (Z = 16)</p> <p>Coluna I - Geometria molecular</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Linear</li> <li>2 - Quadrada</li> <li>3 - Trigonal plana</li> <li>4 - Angular</li> <li>5 - Pirâmide trigonal</li> <li>6 - Bipirâmide trigonal</li> </ol> <p>Coluna II - Moléculas</p> <p>( ) SO<sub>3</sub></p>	<p>(3) SO<sub>3</sub> – Trigonal plana (5) NH<sub>3</sub> – Pirâmide trigonal (1) CO<sub>2</sub> - Linear (4) SO<sub>2</sub> – Angular</p> <p>SO<sub>3</sub> (Trigonal plana)</p>  <p>NH<sub>3</sub> (Pirâmide trigonal)</p> 																

<p>( ) NH<sub>3</sub>  ( ) CO<sub>2</sub>  ( ) SO<sub>2</sub></p>	<p>CO<sub>2</sub> (Linear)      <math>\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}</math></p> <p>SO<sub>2</sub> (Angular)      <math>\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}</math></p>
<p>3) A Teoria de Repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência afirma que "Ao redor do átomo central, pares eletrônicos ligantes e não ligantes, se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível".</p> <p>De acordo com essa teoria, quais são fórmulas estruturais e eletrônicas que são esperadas para as moléculas do hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), penta-hidreto de fósforo (PH<sub>5</sub>) e do silano (SiH<sub>4</sub>), respectivamente? Explique também o motivo de cada molécula ter determinada geometria molecular.</p> <p>Dados: Números atômicos H (Z = 1); F (Z = 9); Si (Z=14); P (Z=15); S (Z=16)</p>	<p>SF<sub>6</sub> (hexafluoreto de enxofre) tem geometria molecular octaédrica, pois ocorre no caso de moléculas formadas por 7 átomos em que um deles é o átomo central, no caso, o enxofre (S). O ângulo de 90° é o ângulo que permite a maior distância entre os seis eixos que partem de um mesmo ponto.</p>  <p>PH<sub>5</sub> (penta-hidreto de fósforo) tem geometria molecular bipiramidal trigonal, pois ocorre no caso de moléculas formadas por 6 átomos, em que um deles é o átomo central, no caso, o fósforo (P). Algumas ligações entre o P e o H se encontram num ângulo de 90°, enquanto outras num ângulo de 120°</p>  <p>SiH<sub>4</sub> (silano) tem geometria molecular tetraédrica, pois ocorre no caso de moléculas formadas por 5 átomos, em que um deles é o átomo central, no caso, o silício (Si). O ângulo que permite a maior distância entre os quatro eixos que partem do mesmo ponto é de 109°28'</p> 
<p>4) Desenhe a geometria das moléculas abaixo e explique, baseado nas aulas virtuais e síncronas sobre geometria molecular e polaridade das moléculas, o que elas têm em comum.</p> <p>Compare:</p> <p>a) BCl<sub>3</sub> e CH<sub>4</sub>  b) HCl e H<sub>2</sub>S  c) SiH<sub>4</sub> e PH<sub>3</sub>  d) SF<sub>6</sub> e BrF<sub>5</sub></p>	<p>a) BCl<sub>3</sub> e CH<sub>4</sub> (apesar de terem geometrias moleculares diferentes: BCl<sub>3</sub> (trigonal plana) e CH<sub>4</sub> (tetraédrica), ambas são moléculas apolares.</p>   <p>b) HCl e H<sub>2</sub>S (apesar de terem geometrias moleculares diferentes: HCl (linear) e H<sub>2</sub>S (angular), ambas são moléculas polares.</p>   <p>c) SiH<sub>4</sub> e PH<sub>3</sub> (apesar de terem geometrias moleculares diferentes: SiH<sub>4</sub> (tetraédrica) e PH<sub>3</sub></p>



	<p>(piramidal), ambas são moléculas apolares.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>d) SF<sub>6</sub> e BrF<sub>5</sub> (apesar de terem geometrias moleculares diferentes: SF<sub>6</sub> (octaédrica) e BrF<sub>5</sub> (bipirâmide trigonal), ambas são moléculas apolares</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
<p>5) Com base em todo o conteúdo visto nas aulas virtuais e síncronas, inclusive na aplicação do simulador <i>ACD/Chemsketch Freeware 2.1</i>, versão 2019 para visualização em 3D, se uma molécula apresentar 6 átomos, em que um deles é o átomo central, qual será a sua geometria molecular esperada mais comum? Desenhe e explique.</p>	<p>A geometria molecular mais comum esperada é bipirâmide trigonal, pois ocorre com moléculas que tem 6 átomos e um deles é central, como é o caso do pentacloro de fósforo (PCl<sub>5</sub>). Esta é uma geometria para a qual os ângulos de ligação ao redor do átomo central não são idênticos, porque não há arranjo geométrico com cinco átomos terminais em posições equivalentes, por isso os ângulos de ligação entre o átomo central (P) e alguns cloros (Cl) são entre 90° e 120°.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

**Quadro 2: Questões relacionadas ao questionário pós-simulador e expectativas de respostas.**  
(Fonte: o autor, 2021).

### 3.6. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram devidamente organizados e analisados conforme cada aplicação dentro da pesquisa e organizados em gráficos para se ter um panorama melhor do desempenho das atividades propostas (simulação digital e uso de TDICs) bem como a aprendizagem utilizada pelo professor. Por esse motivo e com o intuito de facilitar o entendimento do leitor sobre a análise realizada, a metodologia de análise será posteriormente descrita de maneira específica para cada aplicação dentro da pesquisa.

## CAPÍTULO 4

### 4. APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E RESULTADOS

#### 4.1. MODELO ORGANIZACIONAL DE ENSINO: PLANEJAMENTO, EXECUÇÃO E RESULTADOS

A experimentação foi realizada com uma turma do 1º ano do Ensino Médio do turno vespertino da Escola Estadual Dorval Porto, que fica no bairro do Crespo, na zona sul da cidade de Manaus. A aplicação inicialmente foi realizada com 20 alunos na faixa etária entre 15 a 17 anos entre os sexos masculino e feminino. Porém, no final, utilizamos apenas os 10 melhores, de acordo com o ranking de notas semestrais. Apesar de as atividades serem aplicadas com todos os 20 alunos, consideramos apenas 10 resultados em função do comprometimento destes com a pesquisa, pois foram os que compareceram a todos os encontros e participaram com maior dedicação nas atividades. Vale lembrar que os alunos participantes da pesquisa, passaram pelos critérios de inclusão e exclusão que serão detalhados a seguir:

##### **Critérios de inclusão:**

- Os alunos participantes da pesquisa deverão estar regularmente matriculados na instituição de ensino escolhida e cursando o 1º ano do Ensino Médio;
- Apresentar interesse e disponibilidade para participar como voluntários da pesquisa;
- Aceitar participar de todas as etapas que envolvem a pesquisa.

##### **Critérios de exclusão:**

- Exige-se assiduidade e pontualidade dos alunos participantes da pesquisa nas aulas virtuais e/ou presenciais de Química do professor pesquisador;
- O aluno participante não ser repetente de série e os pais ou responsáveis deixarem de assinar o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) e o participante da pesquisa, o TALE (Termo de Assentimento Livre e Esclarecido), lembrando que esses documentos foram disponibilizados aos pais e/ou responsáveis por meio do e-mail ou *whatsapp*.

- Como forma de recrutamento para esta pesquisa foi necessário que o aluno participante da pesquisa fizesse parte das turmas em que o professor pesquisador lecionava, e a participação dos alunos foi voluntária e facultativa.

O simulador que foi utilizado durante o processo de simulação digital de moléculas em 3D na pesquisa tem por nome **ACD Chems sketch Freeware 2.1, versão de 2019.**

No que diz respeito à abordagem do tema gerador da pesquisa, voltada ao ensino de Química e dentro da perspectiva ausubeliana, os procedimentos foram estruturados e disponibilizados em formato virtual por meio dos aplicativos *Google Meet/Whatsapp*.

**Tema:** Geometria Molecular

**Conceitos envolvidos:** Estabilidade e teoria do octeto, estruturas de Lewis e teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência e interações interatômicas.

**Identificação do conhecimento prévio:** aplicação de questionário de sondagem e questões dissertativas baseadas em duas sequências de filmes reeditadas envolvendo a temática geometria molecular.

**Determinação da estrutura cognitiva do aluno:** Enumeração dos elementos do significado e considerados relevantes - o campo de problemas do qual emerge o objeto de interesse, os elementos linguísticos, os procedimentos, as definições e propriedades dos objetos e as suas relações com outros objetos e argumentos e propriedades. Em paralelo, refletiu-se sobre o que deve ser entendido para além de crenças, atitudes e hábitos.

**Nivelamento:** Aulas expositivas e dialogadas síncronas e debate de forma virtual/presencial (envolvendo os conceitos subsunçores e o tema chave da pesquisa).

**Ensino:** Definição das sequências didáticas e aplicação com o uso do simulador.

**Avaliação da aprendizagem:** Aplicação de questionários pré-simulador (questões objetivas) e pós-simulador (questões dissertativas) sobre geometria molecular e resubmissão ao processo de ensino com o uso do simulador;

**Identificação da aprendizagem significativa:** Enumeração dos elementos com significados considerados como relevantes.

## **Sequência didática para o ensino de Química usando o simulador digital:**

**Tema:** O ensino de Geometria Molecular utilizando simulação digital.

**Objetivo:** Desenhar as estruturas moleculares inorgânicas em 2D e visualizá-las em 3D com a finalidade de determinar sua geometria molecular e a influência dessa disposição espacial nas propriedades físicas e químicas dos compostos.

**Justificativa:** A Geometria Molecular é um conteúdo de suma importância para entendermos o comportamento e as propriedades das moléculas e explicar certos fenômenos no cotidiano.

**Objetivo:** Utilizar as TDICS e o simulador digital como modelos científicos para estimular a aprendizagem do aluno, tornando-a mais atrativa e prazerosa e facilitando assim o processo de ensino-aprendizagem.

**Público alvo:** Alunos do 1º ano do Ensino Médio, da rede estadual de ensino do Amazonas em sistema de ensino híbrido (escalonado) e remoto (virtual).

**Conteúdo:** Abordagem dos principais tipos de geometria, após determinação da fórmula estrutural de Lewis, considerando os ângulos formados nas ligações, permitindo a compreensão das propriedades e comportamento das moléculas químicas.

Em razão do retorno das atividades escolares na rede pública de ensino em regime híbrido (turma A – segunda e quarta-feira e turma B – terça e quinta-feira), a partir do mês de junho de 2021, para viabilizar o andamento da pesquisa, optou-se por realizar algumas etapas que envolvem a pesquisa ora em regime virtual, em outros momentos, em regime presencial. Vale lembrar que antes da aplicação das etapas que envolvem esta pesquisa, houve uma conversa entre o professor pesquisador, a equipe pedagógica, a gestora da escola e assessoria da SEDUC para que todos os envolvidos nesse processo fossem esclarecidos de como a pesquisa seria realizada.

No intervalo de 3 meses (junho a agosto de 2021), foram elaboradas e cumpridas as seguintes etapas desta sequência didática de forma virtual/presencial (via aplicativo *Google Meet/Whatsapp*, sala de aula), descritas em detalhes da seguinte maneira:

**1ª etapa** – Construção do conhecimento (tempo de realização – 4 horas-aula – 04,11, 18 e 25/06/2021) – Via *Google Meet*.

Nesta etapa, o professor pesquisador conversou com os alunos participantes da pesquisa a respeito de como seriam desenvolvidas todas as etapas da pesquisa que envolvem o conteúdo “Geometria Molecular”, e, depois, foram repassadas duas videoaulas: a primeira de como se utilizar o *Google Meet* e seus recursos e a segunda sobre o *Google Forms*. A partir desse momento, os alunos responderam a um questionário de sondagem por meio de formulário (*Google Forms*) disponibilizado via *smartphone* no grupo de *whatsapp* da pesquisa. Em seguida, foram repassadas, em sala de aula, duas sequências reeditadas de filmes que fazem alusão ao tema trabalhado: “O Professor Alopado” (1996) e “O Homem Sem Sombra” (2000). Posteriormente foi pedido aos alunos que respondessem a um questionário dissertativo, de forma presencial, baseado nessas duas sequências. O objetivo desse questionário foi o de verificar se os alunos eram capazes de identificar e determinar a estrutura conceitual da matéria de ensino e foco da pesquisa por meio dos seus conhecimentos preexistentes.

**2ª etapa** – Reforço do conhecimento e verificação inicial da aprendizagem (tempo de realização – 9 horas-aula) – Via *Google Meet*/presencial – (02, 05, 08, 12, 15, 19, 22, 26 e 29/07/2021).

Os alunos assistiram a um ciclo de aulas expositivas e dialogadas com exercícios de verificação de aprendizagem, ministradas via *Google Meet*/presencial sobre o conteúdo de ligações químicas e Geometria molecular, e responderam ao primeiro questionário diagnóstico (questionário pré-simulador), também por meio de formulário (*Google Forms*) disponibilizado no *chat* do aplicativo de reunião virtual citado acima nos dias 02, 05, 08, 12 e 15/07/21. Depois de respondidos, foram encaminhados para o email institucional do professor pesquisador. Entre os dias 19, 22, 26 e 29/07 foram disponibilizados aos alunos participantes da pesquisa, por meio de *Whatsapp*, dois arquivos em formato PDF, constando as seguintes informações: a) Guia prático de utilização do aplicativo *Chemsketch* (SANTOS, 2016) e b) Roteiro para baixar e instalar o aplicativo de simulação molecular e realização de duas atividades experimentais: uma com o uso do simulador e outra de forma manual com o uso do papel ofício e caneta (realizadas de forma presencial durante os dias 26 e

29/07), que foram, posteriormente, recolhidas e coletadas pelo professor em sala de aula.

**3ª etapa** – Verificação final da aprendizagem (tempo de realização – 2 horas-aula) via presencial – 03 e 04/08/2021.

Para essa etapa, foi realizada uma atividade final, um questionário pós-simulador (nos dias 03 e 04/08) para verificar se as estratégias de ensino mostravam evidências de uma aprendizagem significativa.

## 4.2. ANÁLISE DE CADA APLICAÇÃO

A questão de pesquisa que orientou este estudo foi: Como tornar a aprendizagem de geometria molecular por meio de simulação digital potencialmente significativa? Nesta seção será apresentada uma discussão geral de como será discutida essa questão.

A proposta de ensino, que tem fundamentos em atividades experimentais com o uso do simulador digital de moléculas em 3D agregado ao uso de TDICs, objetivou trabalhar apenas aspectos qualitativos sobre conceitos químicos que envolvem geometria molecular. A proposta incluiu, inicialmente, um questionário de sondagem que tinha como objetivos: identificar os principais recursos tecnológicos utilizados pelo professor e reconhecidos pelos alunos da escola, em especial os alunos participantes da pesquisa; saber as definições de simulação e *software* aplicativo de simulação e identificar as principais dificuldades encontradas pelos alunos na aprendizagem de Química, bem como sugerir a proposta de simulação digital de moléculas em 3D e uso de TDICs. Logo após foi proposto um modelo organizacional de ensino pautado na perspectiva ausubeliana para a construção de novos conhecimentos a partir do conhecimento prévio dos alunos, tendo como objeto físico o simulador digital.

As atividades foram propostas buscando favorecer o ponto de vista expresso pelos alunos. Como um todo, as atividades tiveram o propósito de propiciar a construção de conceitos fundamentais (gerais e inclusivos) no que tange à geometria molecular.

Para detalhar e contextualizar todo o processo que envolve a pesquisa, assim como discutir os dados que serão apresentados e analisados, cada uma das

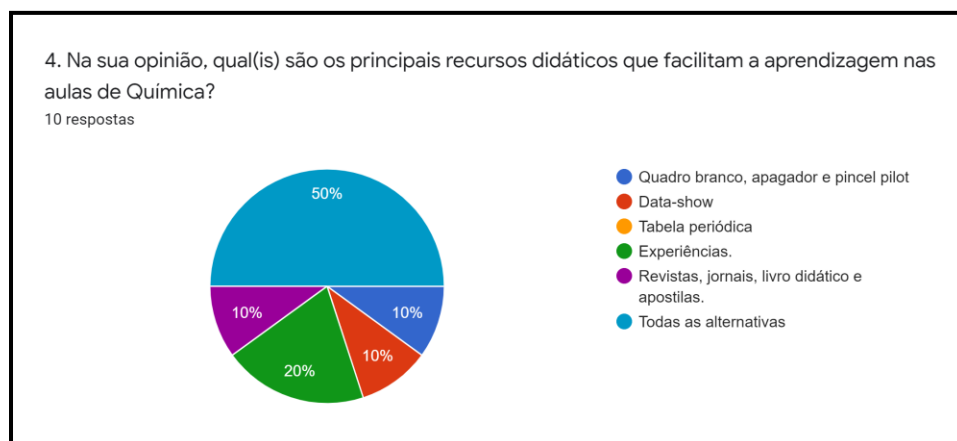
aplicações que foram realizadas com os alunos participantes da pesquisa foram descritas de forma detalhada da seguinte maneira:

#### **4.2.1. 1ª aplicação: Análise do questionário de sondagem com os alunos participantes da pesquisa**

Os alunos participaram da primeira aplicação (Apêndice C), que tinha como objetivos: Identificar os principais recursos didáticos utilizados pelo professor e reconhecidos pelos alunos participantes da pesquisa; definir o que é simulação e *software* aplicativo de simulação e identificar dificuldades encontradas pelos alunos na aprendizagem de Química, além da proposta do uso de simulação digital educacional nas aulas e fontes de informação que mais o aluno utiliza. Essa atividade se deve ao fato de que se precisava conhecer um pouco mais sobre o perfil de cada aluno, a fim de direcionar melhor a aprendizagem em Química e suas habilidades com recursos tecnológicos. Sendo assim, as respostas com relação a essa atividade foram utilizadas para ajudar o professor pesquisador a conduzir o processo. Os alunos mostraram, por meio dessa atividade, que reconhecem ou tem alguma noção conceitual do que é simulador e/ou *software* aplicativo e que todos os recursos tecnológicos listados nesse questionário são utilizados pelo professor, sendo que o quadro branco, o apagador e o pincel *pilot* ainda são os recursos que mais o professor utiliza como estratégia de ensino-aprendizagem com mais frequência.

Como norte desse questionário, as perguntas com questões que deram suporte à pesquisa começavam a partir da 4ª questão, já que a 1ª, a 2ª e a 3ª questões referiam-se ao nome do(a) aluno(a) participante, idade e sexo, respectivamente.

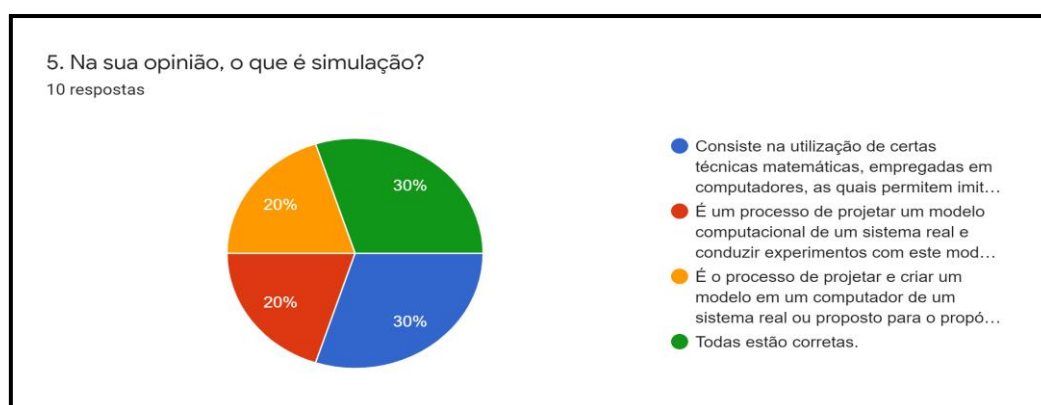
A 4ª questão era: Qual(is) são os principais recursos didáticos que facilitam a aprendizagem nas aulas de Química? De acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



**Gráfico 1: Principais recursos didáticos que facilitam a aprendizagem nas aulas de Química. (Fonte: o autor, 2021).**

5 alunos (50%) declararam que os principais recursos didáticos que facilitam a aprendizagem são todas as alternativas, 2 alunos (20%) as experiências, 1 aluno (10%) revistas, jornais, livros didáticos e apostilas, 1 aluno (10%) *datashow* e 1 aluno (10%) quadro branco, apagador e pincel *pilot*.

A questão 5 refere-se ao conceito do que é simulação e, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



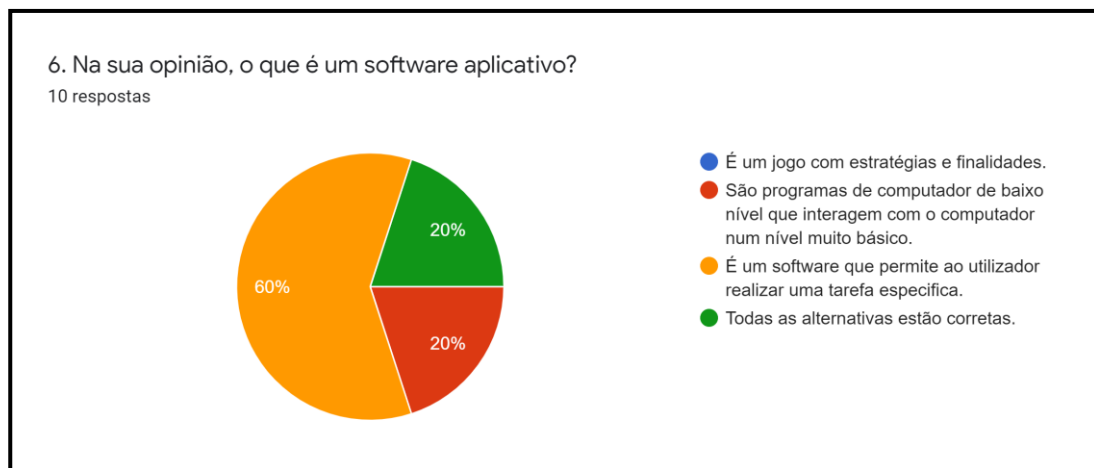
**Gráfico 2: Conceitos de simulação. (Fonte: o autor, 2021).**

3 alunos (30%) declararam que simulação “consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo do mundo real, ou seja, é o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos” (PARAGON, 2008). 2 alunos (20%) declararam que simulação “é um processo de projetar um modelo computacional do sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação” (PEGDEN, 1990). 2 alunos (20%) declararam que simulação “é o processo de projetar e criar um modelo em um computador de um



sistema real ou proposto para o propósito de conduzir experimentos numéricos para nos dar uma melhor compreensão do comportamento de um dado sistema dada uma série de condições” (KELTON, SADOWSKI e SADOWSKI, 1998). 3 alunos (30%) declararam que todos os conceitos sobre simulação descritos no questionário estão corretos.

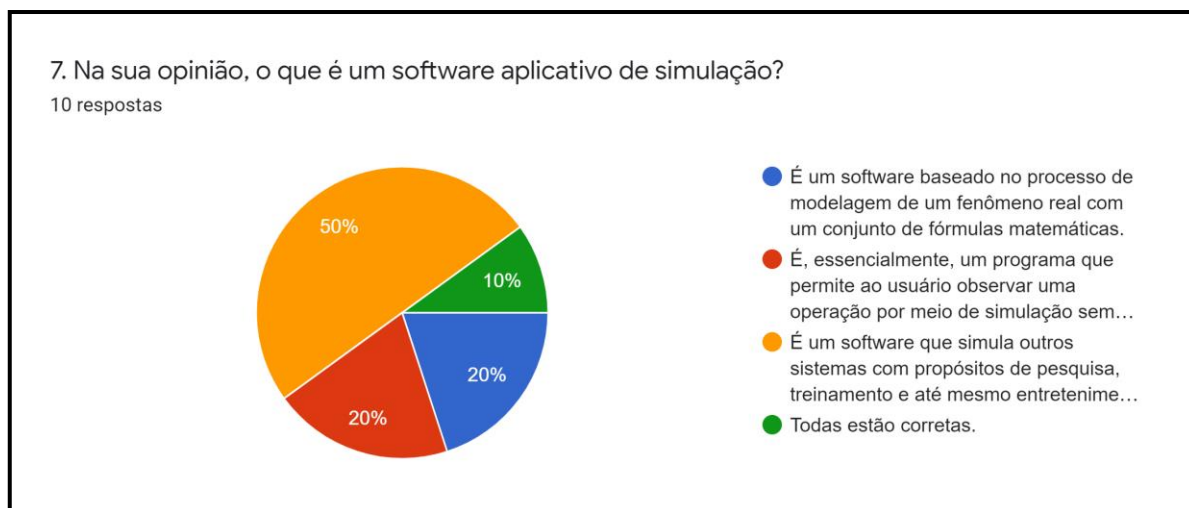
A questão 6 refere-se ao conceito do que é um *software* aplicativo e, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



**Gráfico 3: Conceitos de *software* aplicativo. (Fonte: o autor, 2021).**

2 alunos (20%) declararam que *software* aplicativo são programas de computador de baixo nível, que interagem com o computador num nível muito básico; 6 alunos (60%) declararam que é um *software* que permite ao utilizador realizar uma tarefa específica e 2 alunos (20%) declararam que todas as alternativas estão corretas.

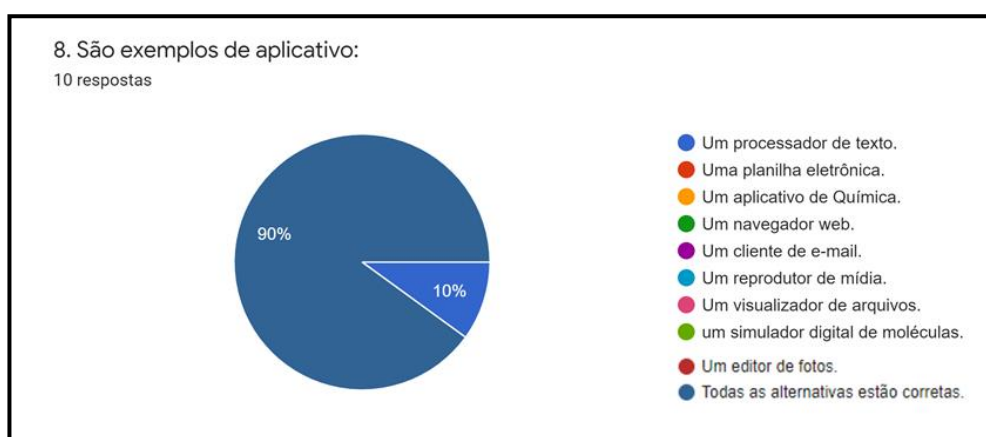
A questão 7 se refere ao conceito do que é um *software* aplicativo de simulação e, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



**Gráfico 4: Conceitos de software aplicativo de simulação. (Fonte: o autor, 2021).**

2 alunos (20%) declararam que *software* aplicativo de simulação é um *software* baseado no processo de modelagem de um fenômeno real com um conjunto de fórmulas matemáticas; 2 alunos (20%) declararam que é, essencialmente, um programa que permite ao usuário observar uma operação por meio de simulação sem realmente realizar essa operação; 5 alunos (50%) declararam que é um *software* que simula outros sistemas com propósitos de pesquisa, treinamento e até mesmo entretenimento, e 1 aluno (10%) declarou que todos os conceitos estão corretos.

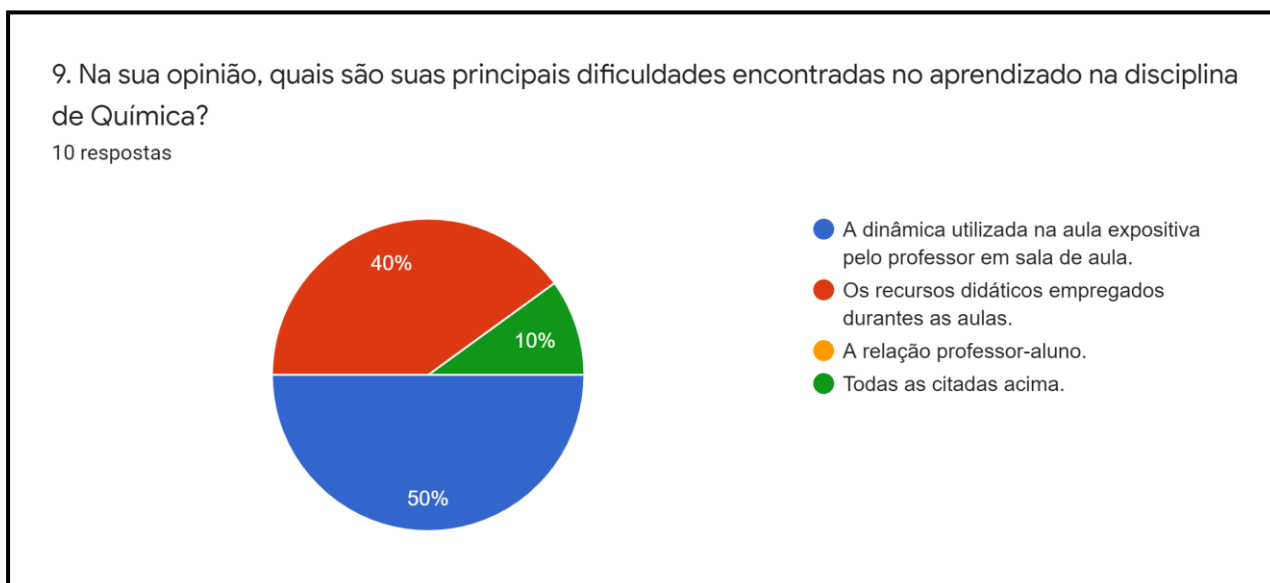
A questão 8 refere-se à concepção que os alunos têm a respeito de exemplos de aplicativos e, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



**Gráfico 5: Exemplos de aplicativos. (Fonte: o autor, 2021).**

9 alunos (90%) declararam que todas as alternativas descritas na referida questão são exemplos de aplicativo e 1 aluno (10%) declarou que aplicativo é um processador de texto.

A questão 9 refere-se a quais são as principais dificuldades encontradas pelos alunos no aprendizado na disciplina de Química. E, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



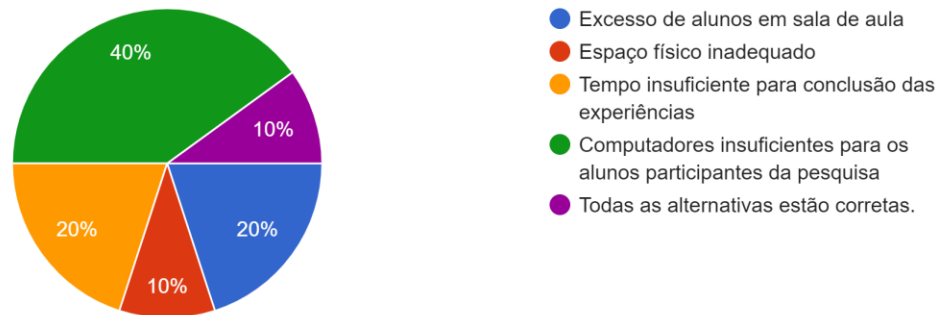
**Gráfico 6: Principais dificuldades encontradas no aprendizado na disciplina de Química.**  
(Fonte: o autor, 2021).

5 alunos (50%) declararam que a principal dificuldade encontrada no aprendizado na disciplina de Química é a dinâmica utilizada na aula expositiva pelo professor em sala de aula; 4 alunos (40%) declararam que seriam os recursos didáticos empregados durante as aulas e 1 aluno (10%) declarou que seriam todas as dificuldades listadas na referida questão.

A 10ª questão refere-se a quais seriam as principais dificuldades que o(a) aluno(a) poderia encontrar na aplicação de um simulador digital educacional em sua turma. E, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:

10. Na sua opinião, quais seriam as principais dificuldades que o(a) aluno(a) poderia encontrar na aplicação de um simulador digital educacional em sua turma?

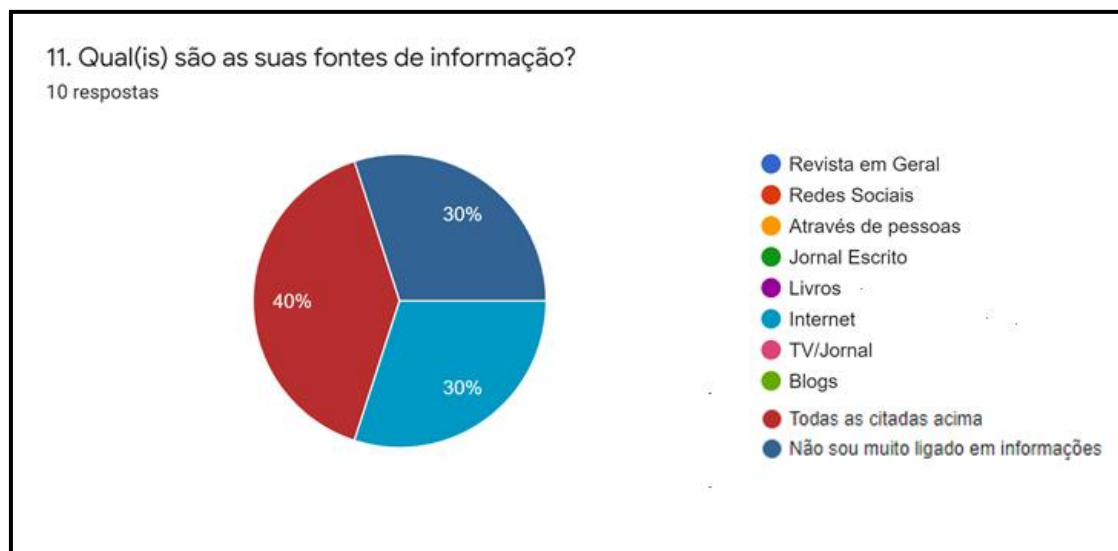
10 respostas



**Gráfico 7: Principais dificuldades que o(a) aluno(a) poderia encontrar na aplicação de um simulador digital educacional em sua turma. (Fonte: o autor, 2021).**

2 alunos (20%) declararam que uma dificuldade seria o excesso de alunos em sala de aula; 1 aluno (10%) declarou que seria o espaço físico inadequado; 2 alunos (20%) declararam que o tempo seria insuficiente para a conclusão das experiências; 4 alunos (40%) declararam que uma dificuldade seria a quantidade de computadores ser insuficiente para todos os alunos participantes da pesquisa e 1 aluno (10%) declarou que todas as dificuldades listadas acima são encontradas na aplicação de um simulador digital educacional em sua turma.

A 11ª questão refere-se a qual(is) fontes de informação são utilizadas pelo aluno. E, de acordo com os dados informados, foram obtidos os seguintes resultados:



**Gráfico 8: Fontes de informação utilizadas pelo aluno. (Fonte: o autor, 2021).**

4 alunos (40%) declararam que todas as fontes de informação citadas acima são as que mais eles utilizam; 3 alunos (30%) declararam que não são muito ligados em informação e 3 alunos (30%) declararam que utilizam a internet com fonte de informação.

A 12ª questão era de cunho dissertativo e visava saber o ponto de vista do aluno participante da pesquisa sobre a importância da Química no seu cotidiano. Foram declaradas as seguintes respostas:

(R.M.) – “Para nos informar sobre os alimentos que consumimos durante o dia ou os medicamentos que tomarmos”.

(B.S.) – “A Química estuda as transformações que envolvem a matéria e a energia”.

(J.S.) – “No dia a dia do indivíduo comum a Química é muito importante, assim como outras ciências naturais. Basicamente todos os itens que consumimos apresentam uma composição química, alguns podem causar efeitos diversos e entender o que cada substância pode fazer é importante, por exemplo, na hora de usar um fármaco ou um produto de limpeza”.

(R.S.) – “Na minha opinião, a Química, ela presta uma contribuição essencial a humanidade como várias coisas”.

(K.M.) – “A importância é que na maioria das vezes a gente não compreende a natureza de coisas que usamos no nosso dia a dia e por meio da Química podemos compreender seu funcionamento e o porque ele é útil pra uma ocasião e porque pra outra ele não pode ser útil”.

(E.S.) – “A Química está em tudo que é lugar, na nossa comida, nos produtos de limpeza da casa e de limpeza corporal, temperos, na gasolina, e em variadas coisas que são essenciais no dia a dia, creio que sem a Química muitas coisas não seriam descobertas”.

(A.C.) – “Muito importante”.

(K.O.) – “A Química existe na maioria das coisas que fazemos no nosso dia a dia como lavar o cabelo, passar desodorante, cozinhar, escovar os dentes etc. Por isso a Química é muito importante no nosso cotidiano”.

(G.C.) – “Ajudar na importância da humanidade como remédios etc, e no cotidiano bom na importância da humanidade como remédios etc., e no cotidiano bom ajudar a saber sobre os materiais químicos como H<sub>2</sub>O etc...”

(G.S.) – “Talvez te mais cuidado ao usar certas coisas”.

De maneira geral, as respostas extraídas do questionário de sondagem apresentaram informações suficientes para que o desenvolvimento das atividades com o uso do simulador digital e atividades experimentais usando TDICs pudessem ser aplicadas.

#### 4.2.2. 2ª aplicação: Determinação da estrutura conceitual da matéria de ensino por meio dos conhecimentos prévios dos alunos participantes da pesquisa a partir de duas sequências de filmes reeditadas

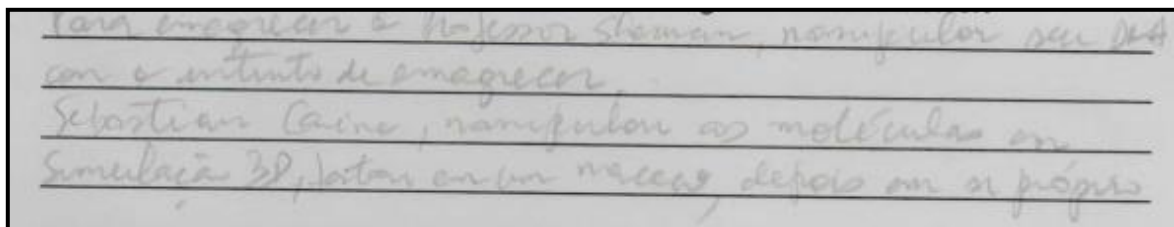
Conforme comentado na 1ª etapa da pesquisa, foram repassadas, em sala de aula, aos alunos participantes da pesquisa, as duas sequências reeditadas de filmes que fazem alusão ao tema trabalhado: O Professor Aloprado (1996) e o Homem sem Sombra (2000). Como podemos observar na figura 13, percebemos a manipulação e a visualização de moléculas em 3D pelos dois cientistas das cenas.



Figura 13: Cenas do filme que fazem alusão ao tema Geometria Molecular: “O professor aloprado” (1996) na foto abaixo e a esquerda e abaixo e à direita “O homem sem sombra” (2000). (Fonte: o autor, 2021).

Logo em seguida, pediu-se que os alunos respondessem a um questionário com quatro questões dissertativas baseadas nessas sequências.

Entre as respostas apresentadas, cerca de 90% dos alunos responderam às questões na categoria de “adequadas”, pois foram condizentes a uma aprendizagem potencialmente significativa. Algumas dessas respostas serão apresentadas nas figuras 14, 15, 16 e 17:

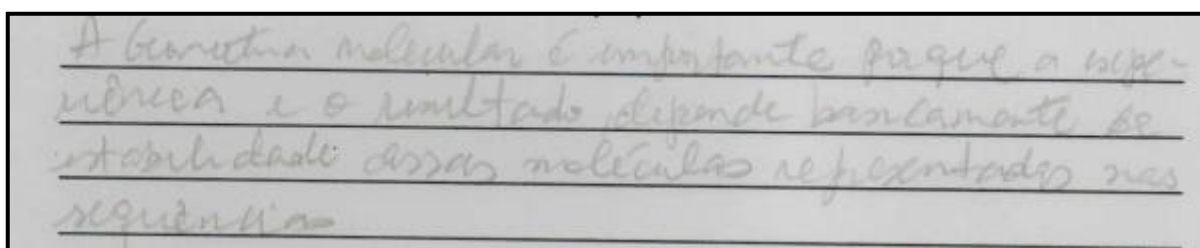


**Figura 14:** Resposta da 1ª questão do aluno E.S. do questionário dissertativo sobre as duas sequências reeditadas de filmes. (Fonte: o autor, 2021).

Como podemos observar na resposta da 1ª questão do aluno E.S.: “Para emagrecer o professor Sherman, manipulou seu DNA com o intuito de emagrecer. Sebastian Caine, manipulou as moléculas em simulação 3D, testou em um macaco, depois em si próprio”.

Dessa forma, o aluno pôde compreender que é possível ocorrer a manipulação de moléculas e visualização em 3D. No filme foi apenas algo fictício, mas contribuiu para que esse entendimento ocorresse; posteriormente, poderia ser utilizado em um fato real em que essa manipulação estivesse presente, como, por exemplo, na compreensão de programas de modelagem molecular que são empregados no planejamento e descoberta de novos fármacos.

Com relação à pergunta da questão 2 do questionário dissertativo, o aluno E.S. respondeu da seguinte maneira: “A Geometria molecular é importante porque a experiência e o resultado depende [sic] basicamente da estabilidade dessas moléculas representadas nas sequências”.

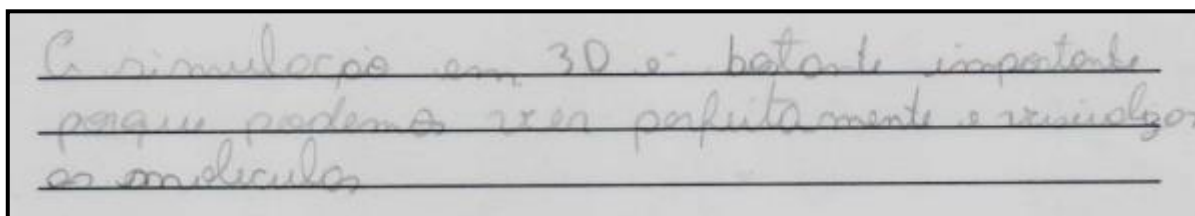


**Figura 15:** Resposta da 2ª questão do aluno E.S. do questionário dissertativo sobre as duas sequências reeditadas de filmes. (Fonte: o autor, 2021).



Nesse comentário do aluno E.S. com relação à 2ª questão, pode-se observar que o vídeo foi capaz de promover a condição para a aprendizagem significativa. A ideia relevante observada no comentário é a noção prévia de “estabilidade”, já existente na sua estrutura cognitiva.

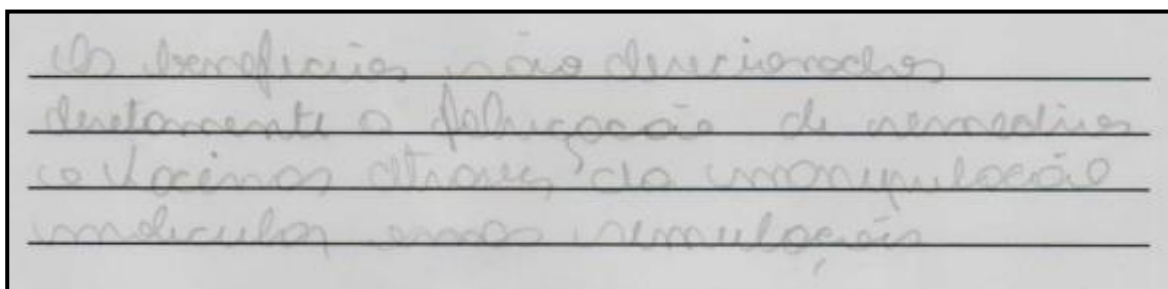
Com relação à 3ª questão, o aluno A.C. fez o seguinte comentário: “A simulação em 3D é bastante importante porque podemos ver perfeitamente e visualizar as moléculas [sic]”.



**Figura 16:** Resposta da 3ª questão do aluno A.C. do questionário dissertativo sobre as duas sequências reeditadas de filmes. (Fonte: o autor, 2021).

Outra vez percebe-se que as sequências reeditadas de filmes são potencialmente significativas, pois o aluno A.C. estabeleceu uma relação com ideias relevantes – nesse caso “ver perfeitamente e visualizar as moléculas [sic]”. Por meio desse comentário, percebe-se que o aluno passa a entender melhor o assunto em questão, isso porque, com o uso do simulador, é possível visualizar o processo de construção e a geometria das moléculas em três dimensões, algo facilitado pelo recurso tecnológico e que não seria possível no mundo macroscópico. A aprendizagem passa a ser mais significativa, uma vez que o aluno assimila, compreende e incorpora o conceito, evitando a memorização, comum na aprendizagem mecânica.

Com relação à 4ª questão, o aluno R.M. fez o seguinte comentário: “Os benefícios [sic] são direcionados diretamente a [sic] fabricação de remédios [sic] e vacinas através [sic] da manipulação molecular nas simulações”.



**Figura 17:** Resposta da 4ª questão do aluno R.M. do questionário dissertativo sobre as duas sequências reeditadas de filmes. (Fonte: o autor, 2021).



Mais uma vez, percebe-se que as sequências reeditadas de filmes são potencialmente significativas, pois o aluno consegue relacionar o fato de que os remédios e as vacinas são fabricados por meio da manipulação de moléculas. Além disso, o aluno R.M. se mostrou motivado a realizar espontaneamente uma pesquisa sobre o conceito de Química presente nas duas sequências reeditadas de filmes e outros tipos de simuladores educacionais voltados para o ensino de Química.

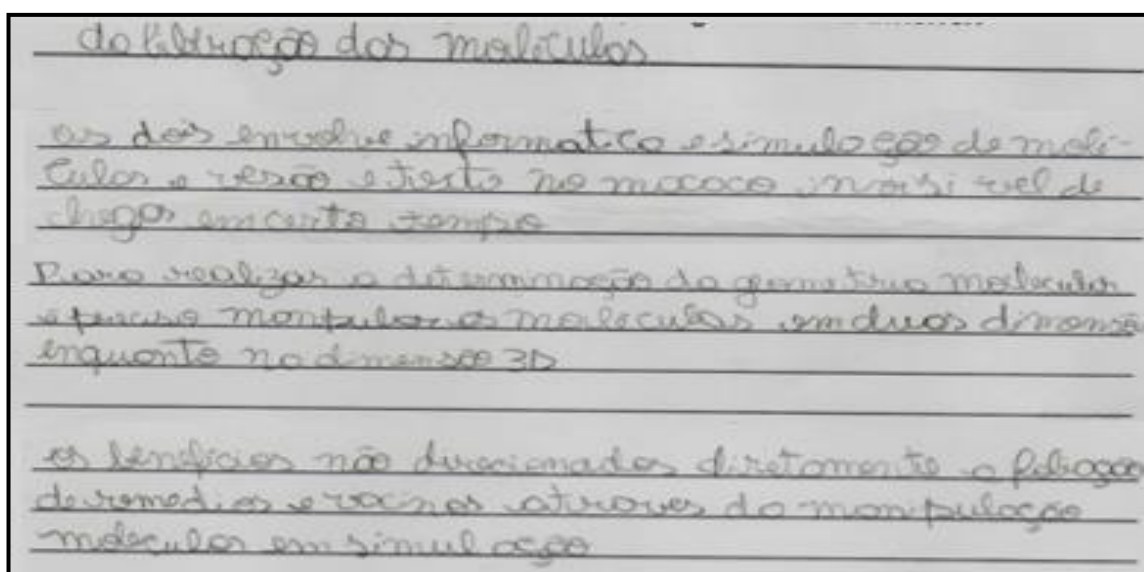
10% dos alunos, contudo, responderam o questionário dissertativo na categoria de respostas consideradas “inadequadas”. É o que podemos observar nos comentários do aluno K.O. das quatro questões dissertativas e observados na figura 16:

**1ª questão:** “da liberação das moléculas”.

**2ª questão:** “os dois envolve informatica e simulação de moléculas e usão e texta no macaco invisivel de chegar em certo tempo”.

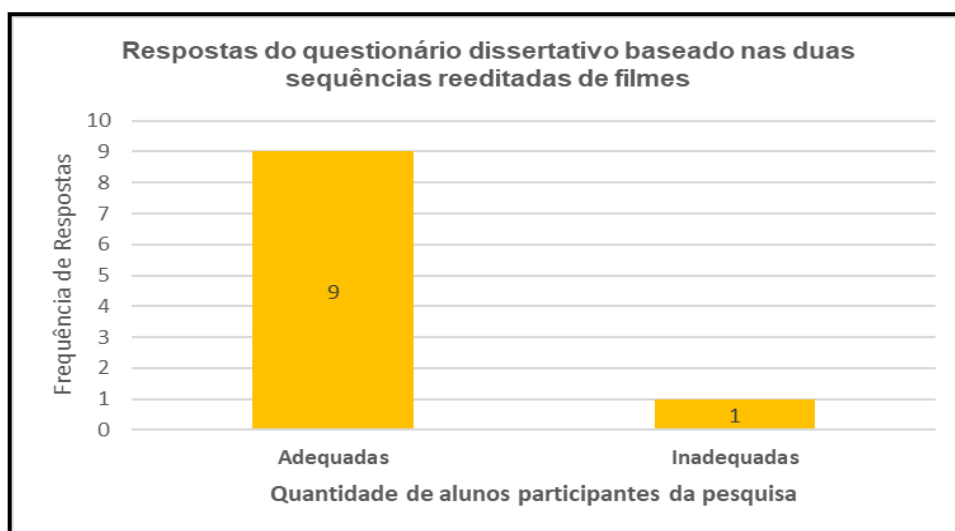
**3ª questão:** “Para realizar a determinação da geometria molecular é preciso manipular os moléculas em duas dimensões enquanto na dimensão 3D”.

**4ª questão:** “os benefícios não direcionados diretamente a fabricação de remedios e vacinas atraves da manipulação molecular em simulação”.



**Figura 18:** Comentários inadequados das quatro questões dissertativas do aluno K.O. com relação ao questionário dissertativo sobre as duas sequências reeditadas de filmes. (Fonte: o autor, 2021).

O gráfico 9 apresenta os resultados obtidos das respostas “adequadas” e “inadequadas” desse questionário dissertativo.



**Gráfico 9:** Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação ao questionário dissertativo baseado nas duas sequências de filmes reeditadas. (Fonte: o autor, 2021).

As falas e os comentários dos alunos sobre a relação entre as cenas das duas sequências de filmes reeditadas e seus conhecimentos preexistentes mostraram que o objetivo principal de toda a preparação teórica que culminou no desenvolvimento dos vídeos foi atingido, isto é, detectou-se a presença de subsunçores. Embora a aprendizagem significativa seja individualizada e dependa da estrutura cognitiva de cada indivíduo, durante a aula observou-se um resultado geral positivo.

A ocorrência da aprendizagem significativa foi validada através da combinação dos mecanismos de retorno, julgando-se bastante relevantes os comentários dos alunos recolhidos no final da aula. A partir dessas informações pôde-se partir para a 3ª aplicação como veremos a seguir:

#### **4.2.3. 3ª aplicação: Identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Geometria Molecular por meio do questionário pré-simulador**

Para analisar até que ponto os alunos tinham conhecimento sobre o assunto de ligações químicas que o professor pesquisador já havia ministrado, criou-se um questionário diagnóstico denominado **questionário pré-simulador**, que continhas cinco questões objetivas sobre ligações químicas e geometria molecular (Apêndice E). Essas questões tinham como principal foco observar se os alunos tinham algum conhecimento sobre as ligações das moléculas e suas respectivas geometrias, o objetivo deste questionário era analisar se eles tinham conhecimentos prévios sobre geometria molecular para que, posteriormente, quando fossem utilizar o simulador, fosse possível observar se seriam capazes de prever qual seria a geometria de outras moléculas com base nesses conhecimentos. Optou-se por fazer esse questionário via

*Google Forms* pela praticidade de ser enviado via *link*, da facilidade de se inserir imagens elucidativas a cada questão trabalhada, pela rapidez com que os alunos participantes da pesquisa recebem sua nota individualmente a partir do momento em que terminam de responder às questões e as enviam, além de um *feedback* de resposta criado pelo professor para cada questão objetiva, independentemente da resposta marcada.

Na perspectiva ausubeliana, os conhecimentos prévios são classificados como ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva de um indivíduo e que influenciam na aprendizagem de novos conhecimentos. Destaca, ainda, que eles resultam de um “processo de interação entre ideias culturalmente significativas, já “ancoradas” na estrutura cognitiva particular de cada aprendiz e o seu próprio mecanismo mental para aprender de forma significativa (AUSUBEL, 2000, p. 10).

Para a primeira questão objetiva: “Apesar da posição contrária de alguns ortodontistas, está sendo lançada no mercado internacional a “chupeta anticárie”. Ela contém flúor, um já consagrado agente anticárie, e xilitol, um açúcar que não provoca cárie e estimula a sucção pelo bebê. Considerando que o flúor utilizado para esse fim aparece na forma de fluoreto de sódio, a ligação química existente entre o sódio e o flúor é denominada?”

1) (UERJ/1998) Apesar da posição contrária de alguns ortodontistas, está sendo lançada no mercado internacional a “chupeta anticárie”. Ela contém flúor, um já consagrado agente anticárie, e xilitol, um açúcar que não provoca cárie e estimula a sucção pelo bebê. Considerando que o flúor utilizado para esse fim aparece na forma de fluoreto de sódio, a ligação química existente entre o sódio e o flúor é denominada:



(a) iônica

(b) metálica

(c) dipolo-dipolo

(d) covalente apolar

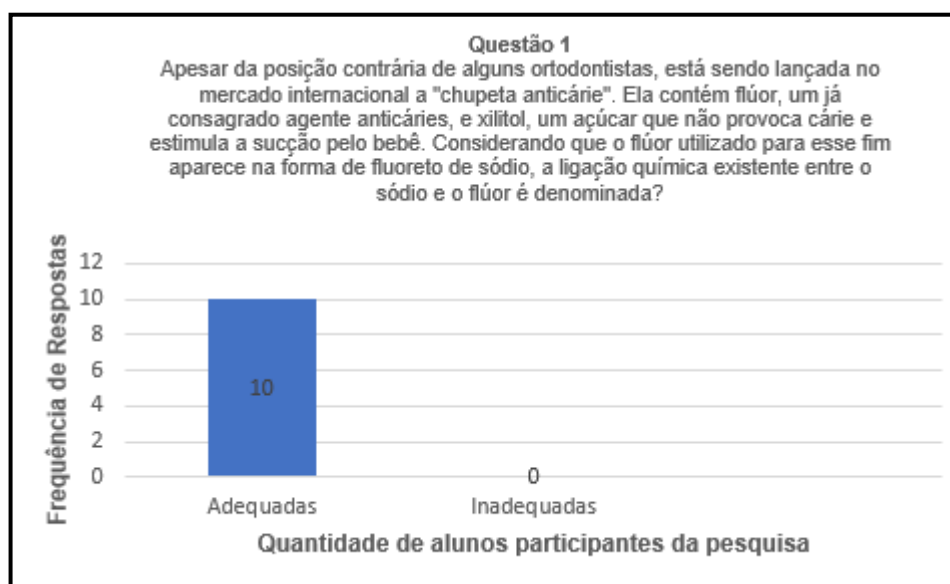
(e) covalente polar

Figura 19: 1ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Via *Google Forms*).  
(Fonte: o autor, 2021).

Esperava-se que os alunos expressassem seus argumentos sobre os conceitos de ligações químicas e, em especial, o de ligação iônica. De acordo com Feltre (2004, p. 139), a ligação iônica ocorre, em geral, entre átomos de **metais**, com átomos de **não metais**, pois os átomos de metais possuem 1, 2 ou 3 elétrons na última camada e têm forte tendência a perdê-los, e os átomos de não metais possuem 5, 6 ou 7 elétrons na última camada e têm acentuada tendência a receber mais 3, 2 ou 1 elétron e, assim, completar seus octetos eletrônicos; logo é de se esperar que o tipo de ligação entre o Sódio (Na) e o Flúor (F) seja iônica.

Usando como parâmetro a informação de Feltre (2004, p. 139), identificamos que 100% dos alunos (10 alunos participantes da pesquisa) responderam à questão dentro da categoria de “adequadas”, pois marcaram corretamente a resposta. Isso permite dizer que os alunos souberam diferenciar os tipos de ligação química: iônica, covalente e metálica, cada uma com sua característica peculiar. Destacamos, aqui, a resposta de dois alunos: **B.S.** : iônica; **J.S.** : iônica.

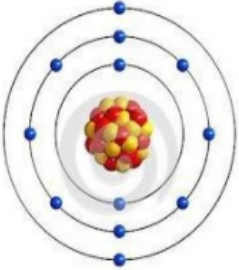
Na categoria “inadequadas”, não identificamos nenhuma questão.



**Gráfico 10: Respostas da 1ª questão objetiva do questionário pré-simulador.**  
(Fonte: o autor, 2021).

Na segunda questão, o enunciado é o seguinte: “A figura abaixo representa o átomo de um elemento químico, de acordo com modelo de Bohr. Para adquirir estabilidade, um átomo do elemento representado pela figura deverá efetuar ligação química com um único átomo de outro elemento, cujo símbolo é:”

2) A figura abaixo representa o átomo de um elemento químico, de acordo com modelo de Bohr. Para adquirir estabilidade, um átomo do elemento representado pela figura deverá efetuar ligação química com um único átomo de outro elemento, cujo símbolo é: Fonte: (Imagem: Adaptada de HARTWIG, D. R. e outros. "Química geral e inorgânica." São Paulo. Scipione, 1999)



(a) C

(b) F

(c) P

(d) S

(e) Xe

**Figura 20: 2ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Via Google Forms). (Fonte: o autor, 2021).**

De acordo com Feltre (2004, p.139), a figura representada pelo modelo de Bohr indica que o elemento químico será o Mg (Magnésio), pois apresenta 2 elétrons na camada M (última camada ou camada de valência) caracterizando o elemento químico como metal, pois, como já foi visto, tem forte tendência em perdê-los. Assim, para adquirir a estabilidade garantida pela teoria do octeto, ele deverá se juntar a um outro elemento químico que receba esses dois elétrons e, das alternativas, o único elemento químico que se encaixa nessa perspectiva será um não metal que receba esses elétrons, ou seja, o S (enxofre), cujo número atômico é 16; possui, portanto, em sua camada de valência (6 elétrons) tendo acentuada tendência a receber esses 2 elétrons.

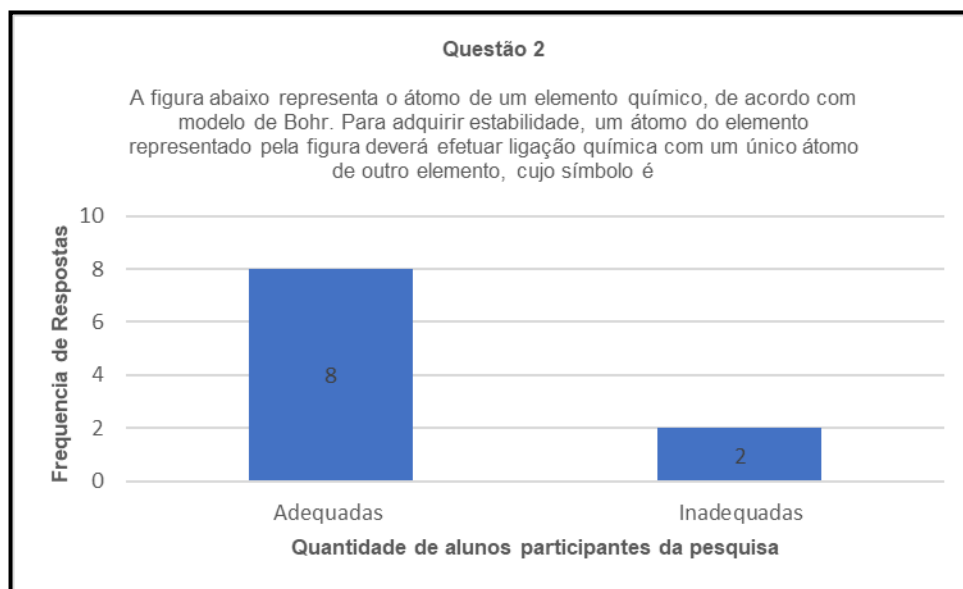
Usando como parâmetro a informação de Feltre (2004, p.139), identificamos oito respostas na categoria de “adequadas”, evidenciando que 80% dos alunos participantes da pesquisa sabiam distinguir a quantidade de elétrons que cada elemento químico teria em sua camada de valência, para, então, caracterizá-lo como metal (2 elétrons) ou não metal (6 elétrons) de modo a adquirir estabilidade, pela teoria do octeto, indicando conhecimentos prévios relevantes para o conteúdo de ensino. É o que podemos destacar nas respostas dos alunos **E.S.** e **A.C.**:

**E.S. : S                      A. C. : S**

Foram encontradas duas respostas na categoria de respostas “inadequadas”, evidenciando que 20% dos alunos não sabiam identificar o que era camada de valência e o que era metal, não metal ou gás nobre. É o que podemos destacar nas respostas dos alunos **R.S.** e **G.S.**:

**R.S. : Xe                      G.S. : Xe**

Segundo FERNANDEZ; MARCONDES (2006, p. 21), os estudantes usam a regra do octeto como base para explicar as reações e as ligações químicas. As ideias mais comuns são: “uma ligação covalente mantém os átomos unidos porque a ligação está compartilhando elétrons”; “ligações iônicas são a transferência de elétrons”, ao invés de as atrações dos íons que resultam da transferência de elétrons (TABER, 1998). Parece que a razão para os elétrons serem transferidos é a obtenção de uma camada completa.

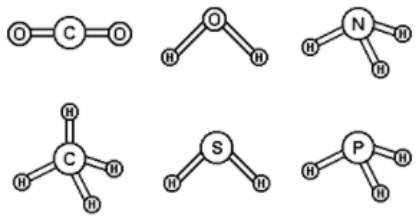


**Gráfico 11: Respostas da 2ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

Na terceira questão, o enunciado é o seguinte: “O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias como odor, sabor, coloração e solubilidade. As figuras apresentam as estruturas das moléculas CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>,

H<sub>2</sub>S e PH<sub>3</sub>. Quanto às forças intermoleculares, a molécula que forma ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) com a água é:"

3) (FGV/2005) O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias como odor, sabor, coloração e solubilidade. As figuras apresentam as estruturas das moléculas CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S e PH<sub>3</sub>. Quanto às forças intermoleculares, a molécula que forma ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) com a água é:



As figuras mostram as seguintes estruturas moleculares:

- CO<sub>2</sub>: Molécula linear com um átomo de carbono centralizado entre dois átomos de oxigênio.
- H<sub>2</sub>O: Molécula angular com um átomo de oxigênio centralizado entre dois átomos de hidrogênio.
- NH<sub>3</sub>: Molécula angular com um átomo de nitrogênio centralizado entre três átomos de hidrogênio.
- CH<sub>4</sub>: Molécula tetraédrica com um átomo de carbono centralizado entre quatro átomos de hidrogênio.
- H<sub>2</sub>S: Molécula angular com um átomo de enxofre centralizado entre dois átomos de hidrogênio.
- PH<sub>3</sub>: Molécula angular com um átomo de fósforo centralizado entre três átomos de hidrogênio.

As opções de resposta são:

- (a) H<sub>2</sub>S.
- (b) CH<sub>4</sub>.
- (c) NH<sub>3</sub>.
- (d) PH<sub>3</sub>.
- (e) CO<sub>2</sub>.

Figura 21: 3ª questão objetiva do questionário pré-simulador (via *Google Forms*).  
(Fonte: o autor, 2021).

Esperava-se que os alunos respondessem seus argumentos sobre ligações por pontes de hidrogênio no conteúdo forças intermoleculares. De acordo com Feltre (2004, p. 176), é um caso extremo de atração dipolo-dipolo, que ocorre quando temos o **hidrogênio** (H) ligado a átomos pequenos e fortemente eletronegativos, especialmente o flúor (F), o oxigênio (O) e nitrogênio (N). A forte atração que se estabelece entre o hidrogênio e esses elementos chamam-se ligações de hidrogênio, e existe fundamentalmente em substâncias no estado sólido e líquido. O NH<sub>3</sub> é uma molécula polar, onde temos um elemento fortemente eletronegativo (N) e que se encontra fundamentalmente no estado líquido a baixas temperaturas ou pressões relativamente altas.

Usando como parâmetro a informação de Feltre (2004, p. 176), identificamos quatro respostas na categoria de “adequadas”, evidenciando que 40% dos alunos participantes da pesquisa souberam distinguir que o nitrogênio (N) da amônia (NH<sub>3</sub>) é o que forma mais facilmente pontes de hidrogênio com água, pelo fato de ser uma

molécula polar, onde temos um elemento com caráter bastante eletronegativo. Podemos destacar as respostas dos alunos **R.S.** e **R.M.** nessa categoria:

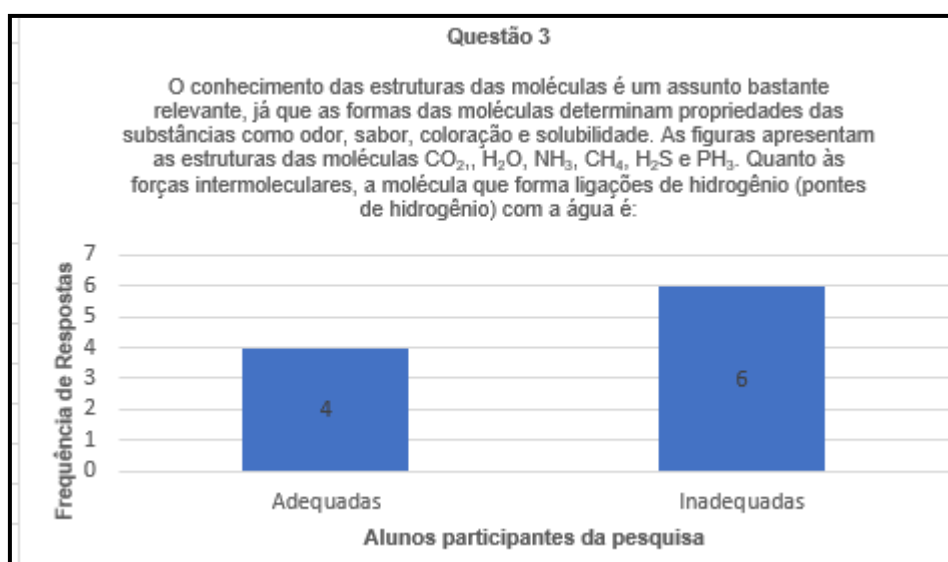
**R.S.:**  $\text{NH}_3$

**R.M.:**  $\text{NH}_3$

Foram encontradas 6 respostas na categoria de “inadequadas”, indicando que 60% dos alunos não responderam à questão de forma correta. Segundo Fernandez e Marcondes (2006, p. 20): “A maioria das concepções dos estudantes com relação à geometria e à polaridade das moléculas advém de dificuldades de visualização tridimensional e da falta de pré-requisitos para esse conhecimento. Os alunos confundem o arranjo dos pares de elétrons e geometria molecular. Assim, por exemplo, os alunos afirmam que a geometria das moléculas é devida apenas “a uma repulsão igualitária entre as ligações e a polaridade da ligação determina a geometria da molécula” (PETERSON et al., 1989; PETERSON e TREAGUST, 1989) e que a “geometria da molécula é devida somente à repulsão entre os pares de elétrons ligantes” (BIRK e KURTZ, 1999). Podemos destacar, aqui, as respostas dos alunos **B.N.** e **E.S.** dentro dessa categoria:

**B.S.:**  $\text{CO}_2$

**E.S.:**  $\text{PH}_3$



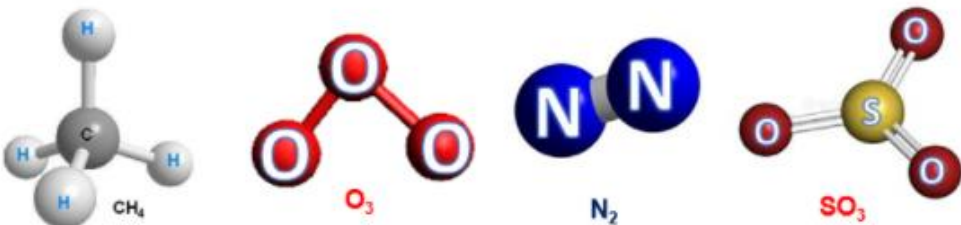
**Gráfico 12:** Respostas da 3ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Fonte: o autor, 2021).

Na quarta questão, o enunciado é o seguinte: “Sabe-se que a atmosfera do nosso planeta é composta por uma mistura gasosa que apresenta, por exemplo, os



gases  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2$  e  $\text{SO}_3$ . As moléculas desses gases, respectivamente, apresentam quais geometrias moleculares?"

4) Sabe-se que a atmosfera do nosso planeta é composta por uma mistura gasosa que apresenta, por exemplo, os gases  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2$  e  $\text{SO}_3$ . As moléculas desses gases, respectivamente, apresentam quais geometrias moleculares?



(a) Tetraédrica, Trigonal, Linear e Trigonal.  
 (b) Trigonal, Angular, Angular e Tetraédrica  
 (c) Trigonal, Linear, Tetraédrica e Angular.  
 (d) Tetraédrica, Angular, Linear e Trigonal  
 (e) Trigonal, trigonal, linear, tetraédrica

**Figura 22: 4ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Via Google Forms). (Fonte: o autor, 2021).**

Esperava-se que os alunos respondessem seus argumentos sobre os diferentes tipos de geometria molecular. De acordo com Feltre (2004, p. 157, 158 e 159), a Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência afirma que "Ao redor do átomo central, os pares eletrônicos ligantes e não-ligantes, se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível". Portanto, seguindo a ordem de moléculas e pares de elétrons ligados ao átomo central, temos o seguinte:  $\text{CH}_4$ : 4 hidrogênios ligados ao carbono, caracterizando geometria tetraédrica).  $\text{O}_3$ : é uma molécula triatômica que possui um par de elétrons não ligados no átomo central; o oxigênio central apresenta seis elétrons na camada de valência e utiliza dois para formar ligação dupla e outros dois para formar ligação dativa, conforme Feltre (2004, p. 146), caracterizando geometria angular.  $\text{N}_2$  é uma molécula diatômica que não possui átomo central, porém compartilha três pares de elétrons entre si (pares de elétrons ligantes) e contém um par de elétrons não ligante para cada nitrogênio (N), caracterizando uma geometria linear. Já o  $\text{SO}_3$ , segundo Fonseca (2016, p. 213), é

uma molécula com 4 átomos, onde o átomo central, o enxofre (S), não possui par de elétrons emparelhados disponíveis, caracterizando sua geometria como trigonal plana.

Usando como parâmetro, as informações de Feltre (2004, p. 146, 157, 158 e 159) e Fonseca (2016, p. 213), identificamos quatro respostas na categoria “adequadas”, evidenciando que 40% dos alunos participantes da pesquisa tinham conhecimentos prévios a respeito dos diferentes tipos de geometria molecular por meio das aulas expositivas via *Google Meet* e presenciais. Podemos destacar, dentro desta categoria, as respostas dos alunos **E.S.** e **B.S.**:

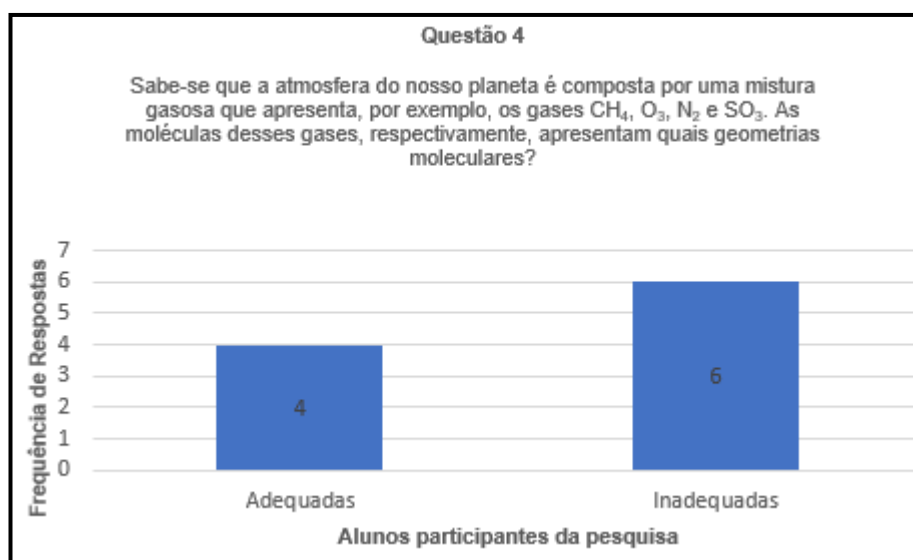
**E.S.** : Tetraédrica, angular, linear e trigonal

**B.S.**: Tetraédrica, angular, linear e trigonal

Na categoria de respostas “inadequadas”, encontramos 6 respostas, evidenciando que 60% dos alunos participantes da pesquisa não sabiam responder a questão de forma correta. Segundo Creppe (2009, p. 17), “Em geral, os alunos apresentam dificuldades nas noções mais simples de Geometria Molecular como, por exemplo, a tridimensionalidade e relacionar a fórmula molecular, as características da molécula e a estrutura.” Podemos evidenciar essas dificuldades, baseando-nos nas respostas dos alunos **G.S.** e **G.C.**:

**G.S.**: Trigonal, trigonal, linear e tetraédrica.

**G.C.** : Trigonal, linear, tetraédrica e angular.



**Gráfico 13:** Resposta da 4ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Fonte: o autor, 2021).

Na quinta questão, o enunciado é: "O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás essencial no globo terrestre. Sem a presença desse gás, o globo seria gelado e vazio. Porém, quando ele é inalado em concentração superior a 10%, pode levar o indivíduo à morte por asfixia. Esse gás apresenta em sua molécula um número de ligações covalentes igual a":

5) O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás essencial no globo terrestre. Sem a presença desse gás, o globo seria gelado e vazio. Porém, quando ele é inalado em concentração superior a 10%, pode levar o indivíduo à morte por asfixia. Esse gás apresenta em sua molécula um número de ligações covalentes igual a

$$\text{O}=\text{C}=\text{O}$$

Fórmula estrutural do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

(a) 0

(b) 1

(c) 2

(d) 3

(e) 4

Figura 23: 5ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Via *Google Forms*).  
(Fonte: o autor, 2021).

Esperava-se que os alunos respondessem sobre o conceito de ligações covalentes e pares de elétrons ligantes. De acordo com Feltre (2004, p. 144 e 145), a ligação covalente ou covalência é a união entre átomos estabelecida por pares de elétrons. Nesse tipo de ligação, a valência recebe o nome particular de **covalência** e corresponde ao número de pares de elétrons compartilhados. Acontece que, na formação do CO<sub>2</sub>, nota-se que o átomo central (C) e os oxigênios ligados a ele terminam ficando com o octeto completo. De fato, cada oxigênio, além de seus seis elétrons, passa a ter mais dois (compartilhados com o carbono); e o átomo de carbono, além de seus quatro elétrons, passa a ter mais quatro (dois compartilhados com um dos átomos de oxigênio e mais dois compartilhados com o outro) resultando em quatro ligações covalentes (O=C=O).

Usando como parâmetro as informações de Feltre (2004, p. 144 e 145), identificamos quatro respostas na categoria de "adequadas", evidenciando que 40%

dos alunos tinham conhecimentos preexistentes necessários para responder à questão sobre ligações covalentes e que, de certa forma, a representação da fórmula estrutural do  $\text{CO}_2$  ajudou na distinção do tipo de ligação química e também permitiu fazer a contagem na quantidade de ligações covalentes presentes na estrutura. Podemos verificar isso pelas respostas dos alunos **K.O** e **K.M.**:

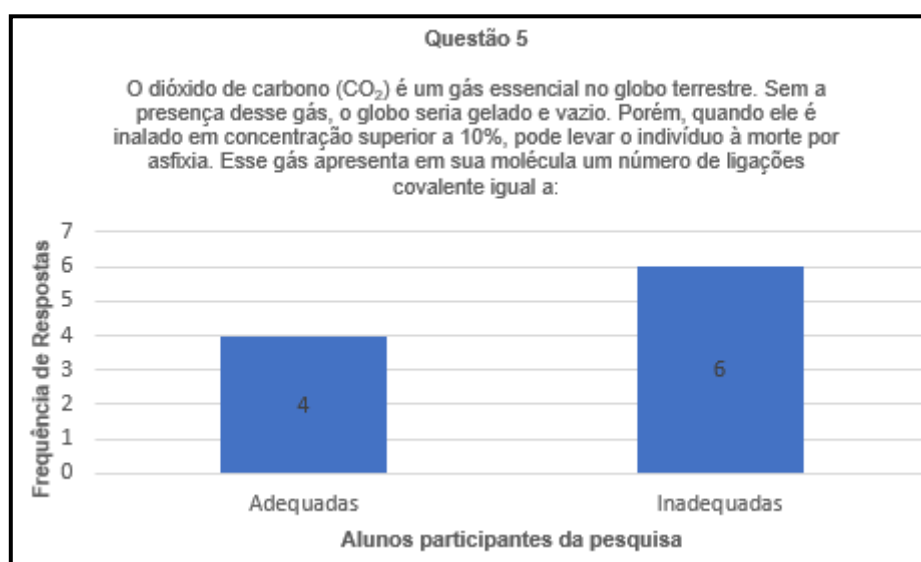
**K.O.:** 4

**K.M.:** 4

Na categoria de respostas “inadequadas”, encontramos 6 respostas, evidenciando que 60% dos alunos não sabiam relacionar os pares de elétrons ligantes (resultante do compartilhamento dos elétrons dos átomos que formam a molécula) com a quantidade de ligações covalentes. Segundo Fernandez; Marcondes (2006, p. 21), a ideia de compartilhamento parece pouco elaborada entre os estudantes, pois alguns pensam que “os pares de elétrons são compartilhados igualmente nas ligações covalentes” (BIRK e KURTZ, 1999), enquanto outros manifestam a ideia de que, na ligação covalente, há o “compartilhamento de um único elétron entre os dois átomos” (BOO, 1998). Provavelmente, o conceito de eletronegatividade não está claro e, portanto, parece que não há uma regra governando o processo da ligação. Podemos evidenciar essa situação pela resposta dos alunos **A.C.** e **B.S.**:

**A.C.:** 2

**B.S.:** 2



**Gráfico 14:** Respostas da 5ª questão objetiva do questionário pré-simulador. (Fonte: o autor, 2021).

Com base nesses dados, o resultado obtido a partir desse questionário pré-simulador foi de grande importância, pois indicou a necessidade do desenvolvimento da sequência de atividades para o levantamento dos próximos dados, permitindo buscar estratégias para possíveis obstáculos, como dificuldades em identificar e relacionar os subsunçores de geometria molecular com a sua forma geométrica em duas ou três dimensões e também possíveis dificuldades no uso do simulador. Simuladores mais elaborados e com mais recursos disponíveis exigem também mais conhecimentos adquiridos sobre o conteúdo pelo aluno. A escolha do *ACD/Chemsketch Freeware* versão 2.1 de 2019 foi devida à sua grande quantidade de recursos disponíveis como cálculo de propriedades moleculares (peso molecular, densidade, refratividade molar etc.), limpeza e visualização de estruturas 2D e 3D, funcionalidade para nomear estruturas orgânicas e inorgânicas (menos de 50 átomos e 3 anéis) e previsão de log P, sem contar que é um *software* antigo (desde 1999), que já passou por várias atualizações para melhorar o desempenho dos alunos na aprendizagem de Química.

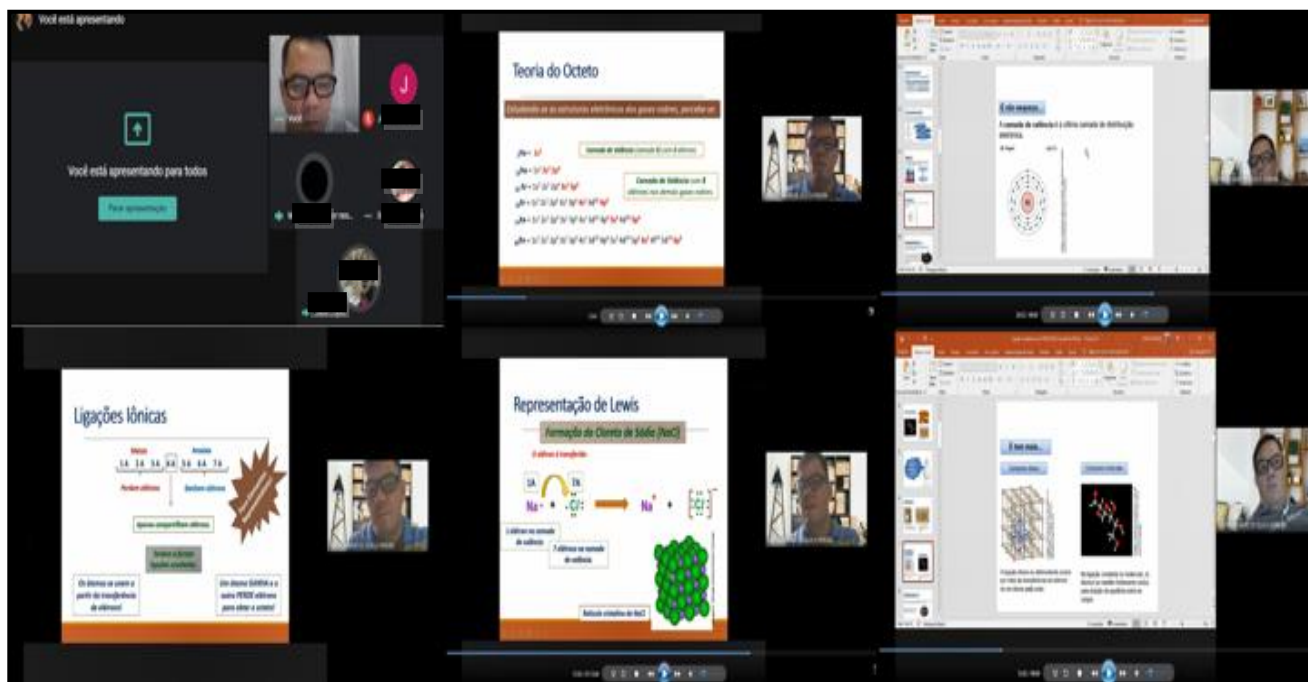
É ideal a utilização desse simulador neste trabalho, pois visa observar se, com o uso dessa ferramenta, é possível prever a geometria das moléculas com base no que o aprendiz já sabe (conhecimentos prévios) e relacioná-los com os conceitos considerados relevantes para sua aprendizagem, a fim de que se possa evidenciar uma aprendizagem potencialmente significativa.

#### **4.2.4. 4ª aplicação e análise: metodologia de ensino utilizando um simulador digital de moléculas em 3D**

Para atingir o que foi proposto no segundo objetivo da pesquisa, buscou-se desenvolver e aplicar uma metodologia que pudesse incluir os conceitos relacionados com geometria molecular em cenário virtual, seguindo os aspectos dos estudos de Ausubel. A partir daí foram elaboradas atividades que fossem relacionáveis com a estrutura cognitiva dos alunos que participaram da pesquisa.

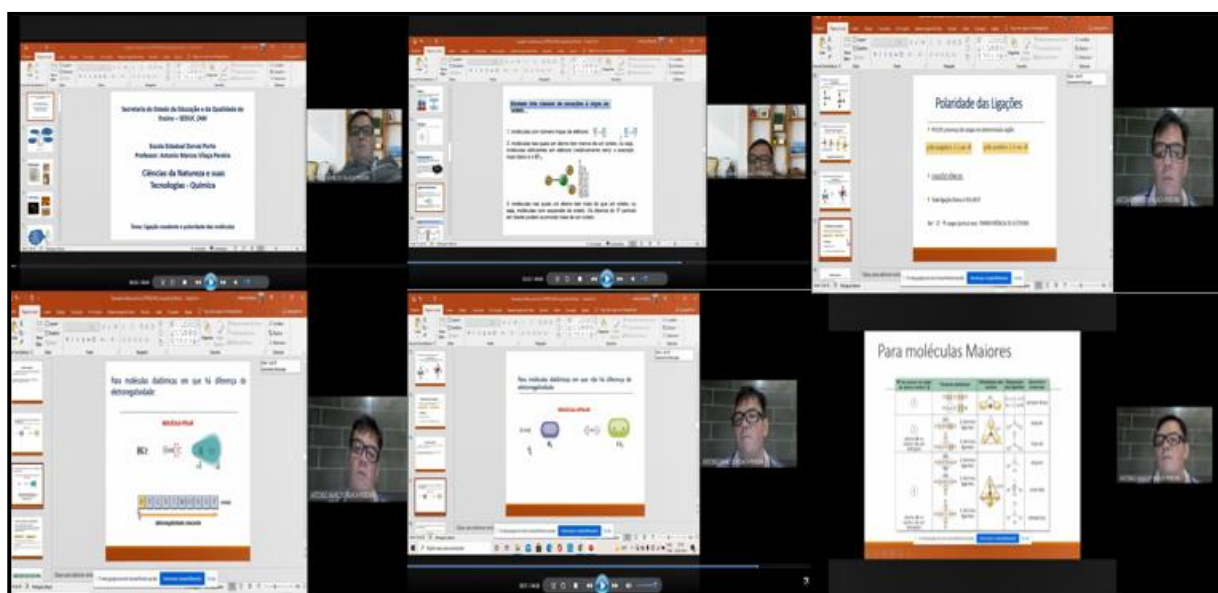
Com base no levantamento feito por meio do questionário pré-simulador (com conteúdo de ligações químicas, em especial o de geometria molecular), contemplando os alunos do 1º ano do Ensino Médio, nos foram reveladas algumas limitações na aprendizagem dos alunos com relação a conteúdos básicos de ligações químicas. Por esse motivo se fez necessário que o professor pesquisador ministrasse

algumas aulas expositivas e dialogadas de forma síncrona e virtual para reforçar o conhecimento dos alunos, conforme visto na figura 24.



**Figura 24: Aulas expositivas e dialogadas via *Google Meet* sobre os subsunçores necessários para a aprendizagem de Geometria Molecular: teoria do octeto, camada de valência, ligações iônicas e representações de Lewis e compostos iônicos e moleculares. (Fonte: o autor, 2021).**

Para complementar essa sequência de aulas expositivas com uso desse recurso tecnológico, ainda foram ministradas aulas sobre ligações covalentes e polaridades das moléculas, bem como o de geometria molecular, que é o foco desta pesquisa, conforme se pode observar na figura 25.



**Figura 25: Aula expositiva e dialogada via *Google Meet* sobre ligações covalentes, polaridade das moléculas e geometria molecular. (Fonte: o autor, 2021).**

O que se pôde observar, durante as aulas expositivas, é que houve um maior engajamento e participação por parte dos alunos, além da motivação de se estar utilizando um recurso tecnológico para o ensino de Química.

Os jovens atualmente estão cada vez mais conectados às tecnologias digitais, configurando-se, assim, como uma geração que estabelece novas relações com o conhecimento e que, portanto, requer que transformações aconteçam na escola e que, de certa forma, o momento pandêmico atual do novo coronavírus parece ser adequado, pois requer cuidados com relação à exposição e aglomeração de pessoas em ambientes fechados, como no caso das escolas. O uso dessa tecnologia digital se tornou viável e bastante eficaz.

Segundo BACICH et al. (2015, p. 41),

A integração das tecnologias digitais na educação precisa ser feita de modo criativo e crítico, buscando desenvolver a autonomia e a reflexão dos seus envolvidos, para que eles não sejam apenas receptores de informações. O projeto político-pedagógico da escola que queira abarcar essas questões precisa ponderar como fazer essa integração das tecnologias digitais para que os alunos possam aprender significativamente em um novo ambiente, que agora contempla o presencial e o digital. O uso de tecnologias digitais no contexto escolar propicia diferentes possibilidades para trabalhos educacionais mais significativos para os seus participantes.

No mundo atual, é muito comum, nas instituições escolares, abordar a necessidade da aprendizagem significativa dos alunos, que difere da aprendizagem mecânica, que é baseada na memória e na recepção passiva dos conhecimentos. Dentro desse contexto, a educação digital, ou seja, o uso de novas tecnologias como recursos pedagógicos surge como uma das possibilidades de se propiciar a construção da aprendizagem significativa, porém é necessário estabelecer vínculos sem perder o foco, que é a aprendizagem.

Sabe-se que a aprendizagem significativa não é um conceito recente. Trata-se de uma ideia conhecida por muitos estudiosos na área da educação e que se mantém no mundo atual. Essa teoria tem bases na teoria cognitivista e se propõe a explicar os mecanismos internos da estrutura do conhecimento e da aprendizagem.

Segundo Ausubel (2000), “as novas informações interagem, de forma não arbitrária, com certos conhecimentos específicos relevantes que já existem na estrutura cognitiva do sujeito aprendiz”. Portanto, ser não arbitrário significa que o sujeito seleciona certos conhecimentos prévios específicos, que julga potencialmente pertinentes, e não qualquer ideia prévia, ou seja, é um processo ativo de aprendizagem. Um ponto importante é que os novos conhecimentos criam



significados para os sujeitos e os conhecimentos prévios ganham novos significados, o que os tornam mais claros. Assim, na aprendizagem significativa, os conhecimentos anteriores ficam cada vez mais estáveis e podem propiciar novas aprendizagens. Outra observação a ser feita é que a aprendizagem significativa está fortemente alinhada ao perfil dos atuais alunos: ativos, questionadores e capacitados a buscar informações por conta própria, com o auxílio da *internet*.

Por outro lado, a educação digital é um termo novo, uma vez que o seu surgimento está relacionado aos grandes avanços tecnológicos da *internet*. Seu objetivo vai muito além da capacidade de uma pessoa em usar com destreza dispositivos móveis ou o computador para acessar a *internet*: relaciona-se principalmente ao comportamento digital e ao uso das tecnologias para adquirir novos conhecimentos e compartilhar informações importantes, de forma segura e respeitosa com os outros usuários. Relaciona-se, portanto, com a formação global do indivíduo, oferecendo um direcionamento para o uso de novas tecnologias. É sabido que a transmissão do conhecimento de forma unidirecional, ou seja, de professores para alunos, é uma estratégia que não favorece a aprendizagem significativa para os alunos nativos digitais, já que estes têm acesso aos mais diversos tipos de informação, literalmente na palma da sua mão ou por meio da *internet*. Diante desse cenário, o professor precisa auxiliar o aluno a identificar, em meio a um mundo de informações, aquelas que contribuirão para o seu desenvolvimento intelectual e como a tecnologia pode funcionar como ponte.

Com a conclusão das aulas expositivas, deu-se prosseguimento à aplicação, quando os alunos foram conduzidos ao laboratório de informática para dar início à sequência de atividades com o simulador digital de moléculas de estruturas planas para posterior visualização em 3D.

Não houve a necessidade de falta de computador para realização da atividade, porém, para evitar aglomeração de alunos na sala de informática, o professor pesquisador optou por realizar a aplicação do simulador de forma escalonada, ou seja, 5 alunos na segunda e 5 alunos terça-feira. Para essa sequência de atividades com o modelo, foram realizadas três aplicações, sendo as duas primeiras realizadas no laboratório de informática e a terceira, em sala de aula. A primeira atividade foi o momento em os alunos se ambientaram com o modelo de simulação digital de moléculas e tiraram as possíveis dúvidas; na segunda, houve a aplicação do simulador digital e a atividade com roteiro para ser utilizado junto com o simulador; e,



na terceira, fez-se um exercício de verificação de aprendizagem com o foco nas ligações covalentes.

### **Primeira atividade**

O primeiro encontro foi realizado no laboratório de informática, após o envio do arquivo em PDF “Guia prático de utilização do aplicativo ChemsSketch” (SANTOS, 2016) ao *whatsapp* dos alunos participantes da pesquisa. O professor pesquisador orientou os alunos a abrir o simulador digital “ACD ChemsSketch Freeware versão 2019” já instalado na área de trabalho dos computadores. Em seguida foi realizada uma explanação sobre o simulador, mostrando todos os aplicativos agregados a ele (*3D viewer*, *ChemBasic* e *ChemSketch*), mostrando todos os botões e funcionalidades na interface da simulação. Foi dada ênfase, contudo, ao *3D viewer*, pois o objetivo da simulação era a de visualizar as estruturas inorgânicas em três dimensões. Em razão disso, foi pedido que os alunos explorassem mais esse aplicativo e todos os seus botões.

Durante o desenvolvimento comprovou-se que alguns alunos tinham dificuldades com relação ao domínio e habilidade no uso da ferramenta computacional por não terem computador em casa. Alguns alunos, por outro lado, interagiram mais facilmente com o aplicativo de simulação. Uma aluna apresentou grandes dificuldades no momento de manusear o mouse para clicar nos ícones corretos e, por esse motivo, solicitou ajuda do professor pesquisador. Outro aluno sentiu dificuldade na hora de ligar o computador e achar o ícone do aplicativo “3D viewer”. Devido a essas dificuldades, nesse primeiro momento, foi possível realizar somente a caracterização da simulação, ficando, assim, as atividades do roteiro para o próximo encontro.

A figura 26 mostra os alunos no laboratório de informática durante o momento de ambientalização com a simulação digital. Durante a apresentação, os alunos se mantiveram atentos e ansiosos para utilizar o aplicativo; alguns, ainda que de forma intuitiva, manuseando o aplicativo, ainda conseguiram desenhar a estrutura plana das moléculas inorgânicas e visualizá-las em 3D.



**Figura 26: Alunos interagindo com a simulação digital de moléculas em 3D. (Fonte: o autor, 2021).**

### **Segunda atividade**

No segundo encontro, ainda no laboratório de informática, entregou-se para cada aluno um roteiro de atividades e, em seguida, foi feita uma explanação sobre essas atividades e quais eram seus respectivos objetivos.

Para entendimento dessa atividade e seguindo o que está descrito nesse roteiro, as atividades 1 e 2 já foram realizadas no primeiro encontro, uma vez que o manual em PDF já foi disponibilizado pelo *whatsapp* aos alunos e o aplicativo de simulação já estava instalado em cada computador que seria utilizado na sala de informática durante a aplicação da simulação.

Portanto, a atividade inicial começa a partir da atividade 3, quando os alunos receberam o desafio de colocar o aplicativo *3D viewer* para funcionar e desenhar as fórmulas estruturais das moléculas descritas na atividade 3.1 e, depois, visualizarem em 3D para observarem como se comportam os átomos ao se ligarem para formar as moléculas, levando em consideração a teoria do octeto e a teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência para posterior classificação da respectiva geometria molecular. Sobre o assunto e com o uso da simulação, os alunos analisaram as 7 moléculas e explicaram o motivo de cada molécula ter uma geometria molecular diferente.

Para Atkins e Jones (2012), a geometria molecular baseia-se na forma espacial do átomo central e dos átomos ligados diretamente a ele, podendo assumir várias formas geométricas, dependendo dos átomos que o compõem.

Há de se levar em conta que a geometria molecular é um parâmetro importante para a previsão da polaridade de uma molécula, a qual contribui para definirmos o tipo e a intensidade das interações intermoleculares e determinar algumas propriedades físicas como, por exemplo, o ponto de ebulição e a solubilidade. Nesse sentido é necessário que os alunos desenvolvam habilidades específicas para relacionar a fórmula molecular com sua fórmula estrutural em três dimensões (3D). Desse modo, inserir recursos tecnológicos, como o uso de computadores ou *smartphones* em sala de aula, requer um planejamento detalhado para não se vislumbrar apenas com o aspecto visual, mas também facilitar o processo de ensino-aprendizagem, pois deverão ser empregadas de forma eficaz para aplicarem este conteúdo nas diversas disciplinas de Química.

A figura 27 mostra o momento em que os alunos interagem com o simulador digital, seguindo o que foi pedido no roteiro, fazendo as suas devidas anotações e observações e respondendo às questões propostas.



**Figura 27:** Alunos interagindo com o simulador digital de moléculas e realizando as atividades propostas com o uso do roteiro impresso em folha de papel ofício A4. (Fonte: o autor, 2021).

Para essa atividade, identificou-se que 80% dos alunos, ou seja, 8 alunos responderam às questões propostas que puderam ser categorizadas como “adequadas” por se aproximarem da definição de Atkins e Jones (2012). Durante a

atividade, os alunos fizeram a observação da visualização das moléculas em 3D e o que registraram de informações das aulas expositivas e, assim, identificaram, de forma adequada, o nome da respectiva geometria molecular de cada molécula citada em questão, pois possuíam esquemas adequados sobre os diferentes tipos de geometria. É o que mostram as respostas dos alunos **E.S.** e **K.O.**:

**E.S.:** “O  $\text{CO}_2$ , possui geometria linear, o  $\text{CH}_4$ , tetraédrica, o  $\text{NH}_3$ , piramidal trigonal, o  $\text{BF}_3$  trigonal plana, o  $\text{H}_2\text{S}$ , angular, o  $\text{PCl}_5$ , bipiramidal trigonal e o  $\text{SF}_6$ , a geometria é octaédrica”.

**K.O.:** “Na ordem em que aparecem em cada letra, O  $\text{CS}_2$ , possui geometria linear, o  $\text{SiH}_4$ , tetraédrica, o  $\text{PH}_3$ , piramidal trigonal, o  $\text{SO}_3$  trigonal plana, o  $\text{H}_2\text{O}$ , angular, o  $\text{PCl}_5$ , bipiramidal trigonal e o  $\text{SF}_6$ , a geometria é octaédrica”.

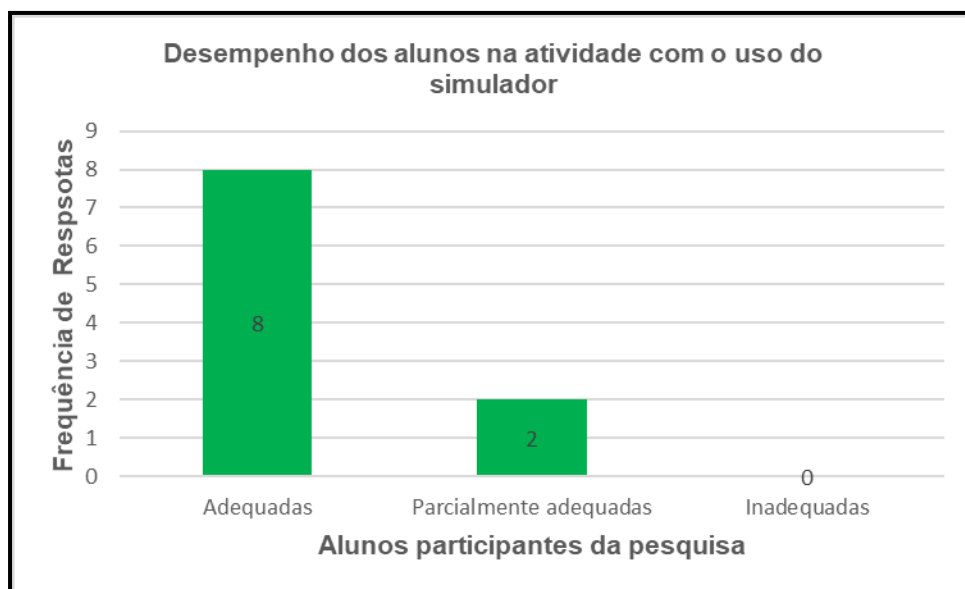
Pode-se perceber que os alunos souberam diferenciar os tipos de geometria molecular e chegaram à conclusão de que, por mais que existissem moléculas com a mesma quantidade de átomos, o que importava mesmo era a quantidade de elétrons da camada de valência do átomo central e dos átomos periféricos que estariam ligados a ele.

Na categoria de “parcialmente adequadas”, identificamos duas respostas, ou seja, 20% dos alunos. São aquelas informações com que conseguiram, na sua grande maioria, acertar o nome correto das geometrias moleculares, porém, devido à comparação com a quantidade de átomos iguais nas moléculas, acabaram se equivocando e trocando o nome da geometria, pois não levaram em consideração a quantidade de elétrons da camada de valência do átomo central e dos átomos periféricos que estão ligados a ele. É o que se pode verificar nas respostas dos alunos **G.C.** e **R.M.**

**G.C.:** “O  $\text{CO}_2$ , possui geometria linear, o  $\text{CH}_4$ , tetraédrica, o  $\text{NH}_3$ , trigonal plana, o  $\text{BF}_3$  piramidal trigonal, o  $\text{H}_2\text{S}$ , angular, o  $\text{PCl}_5$ , bipiramidal trigonal e o  $\text{SF}_6$ , a geometria é octaédrica”.

**R.M.:** “a)  $\text{CS}_2$  = linear, b)  $\text{SiH}_4$  = tetraédrica, c)  $\text{PH}_3$  = piramidal trigonal, d)  $\text{SO}_3$  = piramidal trigonal e)  $\text{H}_2\text{O}$  = angular, f)  $\text{PCl}_5$  = bipiramidal trigonal, g)  $\text{SF}_6$  = octaédrica”.

Nessa atividade, usando o simulador *ACD/Chemsketch Freeware* versão 2,1, 2019, não obtivemos respostas dentro da categoria de inadequadas. O gráfico 15 mostra melhor o desempenho dos alunos nas atividades com o uso do simulador.



**Gráfico 15:** Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na atividade com o uso do simulador. (Fonte: o autor, 2021).

### Terceira atividade

A terceira atividade foi realizada de forma presencial e em sala de aula, pois ainda era uma continuação da atividade que estava descrita no roteiro com o uso do simulador, porém o foco desse exercício de verificação de aprendizagem estava em construir a fórmula eletrônica de Lewis de cada uma das moléculas e identificar a quantidade de pares eletrônicos ligantes e não ligantes.

Como os alunos já estavam mais familiarizados com o conteúdo de ligações químicas, responderam cada um em sua carteira individualmente e respeitando os protocolos de segurança com relação ao distanciamento social, que é de no mínimo 1,5 metros e o uso de máscaras. É o que podemos verificar na figura 28:



**Figura 28:** Alunos realizando a atividade 3 de forma presencial e seguindo os protocolos de segurança contra o novo coronavírus. (Fonte: o autor, 2021).

Para Lee (1996), a teoria de Lewis foi a primeira explicação de uma ligação covalente fundamentada no compartilhamento de elétrons a ser amplamente aceita. O compartilhamento de dois elétrons entre dois átomos constitui uma ligação química que mantém os átomos unidos. A maioria dos átomos leves atinge uma configuração eletrônica estável quando estão rodeados por oito elétrons. Esse octeto pode ser formado por elétrons provenientes do próprio átomo e por elétrons “compartilhados” com outros átomos.

A fórmula eletrônica de Lewis, baseada justamente nessa teoria, é uma forma de representar a ligação covalente, também conhecida como ligação molecular, e tem como principal característica a de mostrar os elétrons da camada de valência de cada átomo e a formação dos pares eletrônicos. Cada elétron pode ser representado por um ponto que fica ao redor do símbolo do elemento químico correspondente. Apenas os elétrons da camada de valência é que ficam ao redor do elemento.

As respostas descritas por 6 alunos, ou seja, 60%, ficaram na categoria de “adequadas”, pois interpretaram corretamente qual era a quantidade de pares de elétrons ligantes e não ligantes. Apesar de um aluno fazer uma mistura entre fórmula eletrônica de Lewis e fórmula estrutural numa mesma fórmula, o objetivo foi alcançado. É o que podemos mostrar na atividade do aluno **J.S.**, conforme a figura 29:

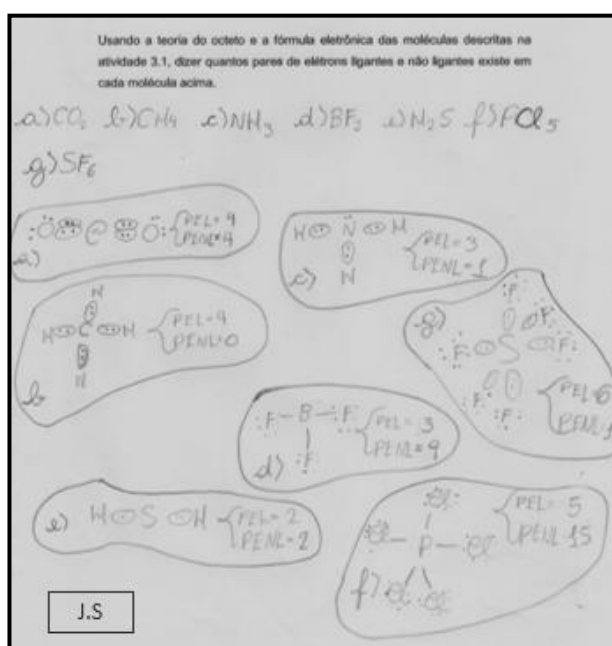


Figura 29: Respostas do aluno J.S. com relação à atividade 3. (Fonte: o autor, 2021).

O contato com a simulação computacional possibilitou aos alunos o contato virtual com a relação fórmula eletrônica/estrutural, o que levou os alunos a visualizar as moléculas em três dimensões.

As simulações computacionais são uma ferramenta extremamente útil, independentemente da sua finalidade, uma vez que fornecem informações sobre situações nas quais os resultados analíticos são de difícil obtenção e também quando a experimentação prática é complexa. Portanto, é importante, tanto de interesse do campo teórico quanto do experimental. De acordo com RAOTA (2018),

a constante evolução do hardware e o aumento de pesquisas na área de alto desempenho estão possibilitando que as simulações computacionais sejam cada vez mais precisas e rápidas. Esse poder computacional juntamente com novas técnicas de visualização tridimensional (3D) tornaram tais simulações uma ferramenta fundamental para o estudo de problemas químicos e físicos de extrema complexidade.

Por sua vez, foram incluídos, na categoria de respostas “parcialmente adequadas”, 3 alunos, ou seja, 30%, que citaram, em alguns casos, corretamente, a quantidade de pares de elétrons ligantes e não ligantes e, em outros casos, de forma incorreta, pois se esqueceram de colocar a quantidade de elétrons ligantes e não ligantes devido à ausência de átomos na molécula ou por trocaram as fórmulas eletrônicas com as respectivas letras. É o que podemos sinalizar nas moléculas das letras **f** e **g** do aluno **K.O.**, letra **d** do aluno **G.S.** e letra **d**, **f** e **g** do aluno **G.C.**, conforme mostrado na figura 30:

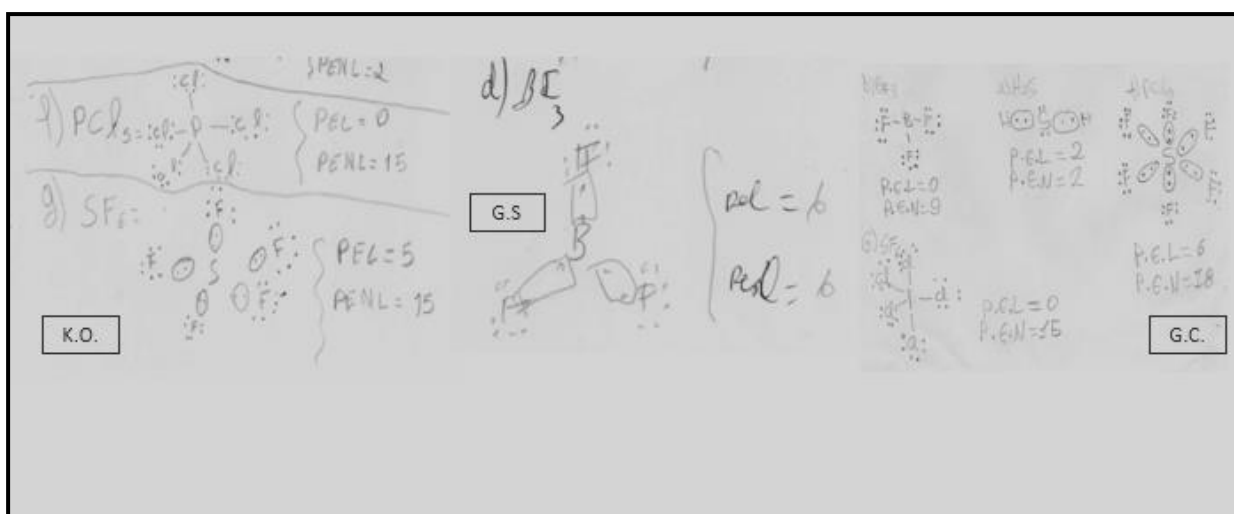


Figura 30: Respostas dos alunos K.O., G.S. e G.C. com relação à atividade 3. (Fonte: o autor, 2021).

Por fim, o aluno **R.S.** apresentou 1 resposta na categoria “inadequadas”, ou seja, 10% dos alunos, pois seus argumentos não foram suficientes, construindo de



forma vaga sua resposta, pois não construiu a fórmula eletrônica de Lewis para ter uma noção de quantos pares elétrons ligantes e não ligantes existiam em cada molécula, e ainda respondeu a quantidade de pares eletrônicos ligantes e não ligantes em apenas duas letras, **a** e **b**, deixando as outras letras **c**, **d**, **e**, **f** e **g** em branco, conforme podemos ver na figura 31:

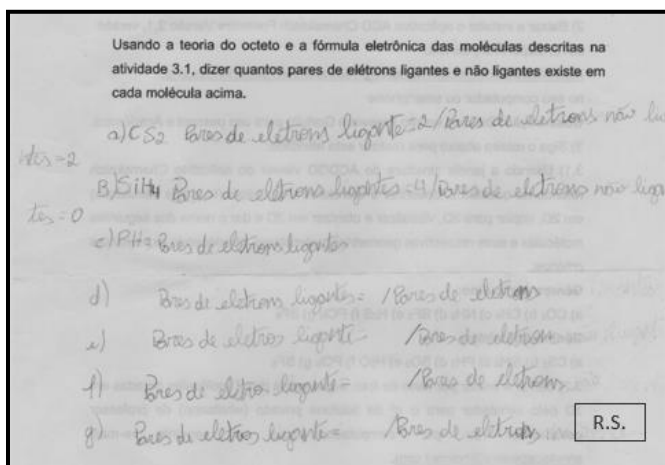


Figura 31: Respostas do aluno R.S. com relação à atividade 3. (Fonte: o autor, 2021).

O gráfico 16 mostra o desempenho dos alunos participantes da pesquisa no exercício de verificação de aprendizagem para identificar alguns conceitos subsunçores de geometria molecular (fórmula eletrônica de Lewis e ligação covalente) com o uso das moléculas desenhadas e visualizadas no simulador.

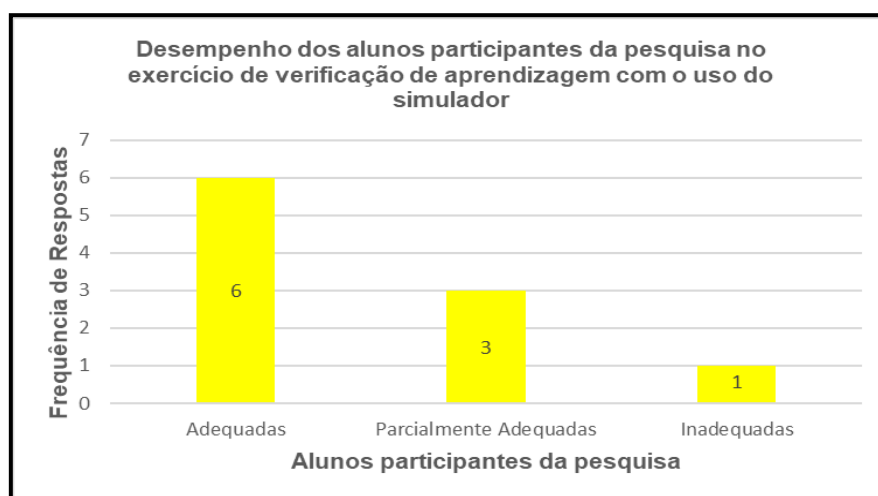


Gráfico 16: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa no exercício de verificação de aprendizagem com o uso do simulador. (Fonte: o autor, 2021).

Segundo Moreira (2010), a aprendizagem significativa é caracterizada pela interação entre os conhecimentos preexistentes e os conhecimentos novos, sendo



que essa interação ocorre de forma não arbitrária e não literal (não ao pé da letra). Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados e estabilidade cognitiva.

Nessa perspectiva, utilizando o simulador digital, pudemos observar, por meio dos dados obtidos, que os alunos **J.S.**, **K.O.**, **G.S.** e **G.C.** apresentam características reveladoras de que os conceitos de geometria molecular interagem com os novos conteúdos, servindo de base para atribuição de novos significados que também se modificam. Nota-se também que essa mudança progressiva vai se tornando um subsunçor mais elaborado, mais diferenciado, capaz de servir de ideia-âncora para aquisição de novos conhecimentos. Então se pode dizer que esses alunos apresentam aprendizagem significativa subordinada.

O aluno **K.O.** consegue estabelecer relações entre as ideias, que podem ser conceitos, proposições sobre geometria molecular que já se encontram na estrutura cognitiva. Moreira (2010) afirma que essa forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos preexistentes. Assim, o aluno K.O. apresenta a aprendizagem dentro da perspectiva ausubeliana do que chamamos de aprendizagem significativa superordenada.

#### **4.2.5. 5ª aplicação: Assimilação dos novos conceitos sobre Geometria Molecular após o uso do simulador digital de moléculas**

Buscou-se, nesse terceiro objetivo, analisar se as estratégias de ensino com o uso do simulador digital promovem uma aprendizagem significativa de Geometria Molecular, a partir dos dados obtidos. Os estudos de Ausubel consideram que a assimilação de conhecimentos ocorre sempre que uma nova informação interage com outra existente na estrutura cognitiva, mas não ela como um todo: o processo contínuo da aprendizagem significativa acontece apenas com a integração de conceitos relevantes. Esse processo de assimilação é fundamental para compreensão do processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva. Procurou-se, então, identificar evidências da aprendizagem significativa durante a aplicação das atividades, que, de acordo com ele, implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis.

Para alcançar o terceiro objetivo, se houve assimilação de novos conceitos, resgatamos alguns dos subsunçores necessários para a aprendizagem de geometria molecular contidos no questionário pré-simulador e criamos um questionário denominado de **questionário pós-simulador**. A aplicação desse questionário se deu no décimo quarto e décimo quinto encontro; os alunos foram orientados a responder a 5 questões abertas, de acordo com o conhecimento adquirido com as atividades realizadas durante as aulas expositivas com auxílio do recurso tecnológico *Google Meet*, no laboratório de informática com o auxílio do simulador digital e as realizadas em sala de aula, de forma presencial e escalonada.

Para analisarmos as questões, separamos as respostas dos alunos por questões (1, 2, 3, 4 e 5), como mostram as telas a seguir. As análises das respectivas questões também se estruturaram dentro das categorias “adequadas” e “inadequadas” da seguinte forma: adequadas (se encaixam dentro da aprendizagem subordinada ou superordenada) e inadequadas (não houve aprendizagem de forma significativa ou o aluno não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento dentro da perspectiva ausubeliana com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora). Levaram-se em consideração os seguintes conceitos:

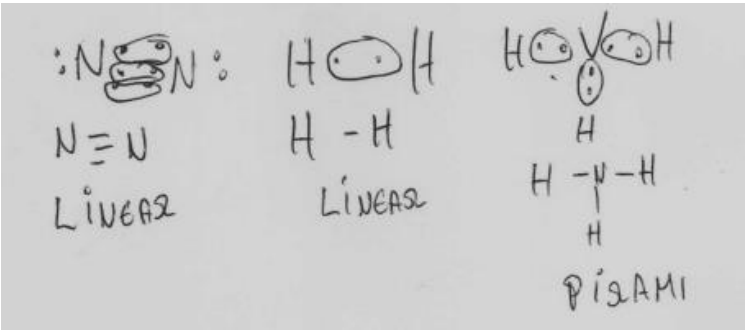
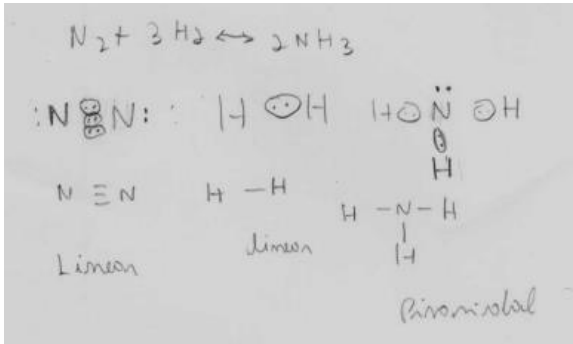
a) Subordinada: Quando os novos conceitos potencialmente significativos adquirem significados na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante mais geral e inclusivo que já existe na estrutura cognitiva de quem aprende.

b) Superordenada: Quando os novos conceitos potencialmente significativos e mais gerais do que as ideias que já estão na estrutura cognitiva são adquiridos e passam a assimilar os conceitos que já existiam, mas são menos desenvolvidos. Assim as ideias mais específicas ficam relacionadas a essa ideia superordenada. Essa aprendizagem envolve processos de abstração, indução e síntese.

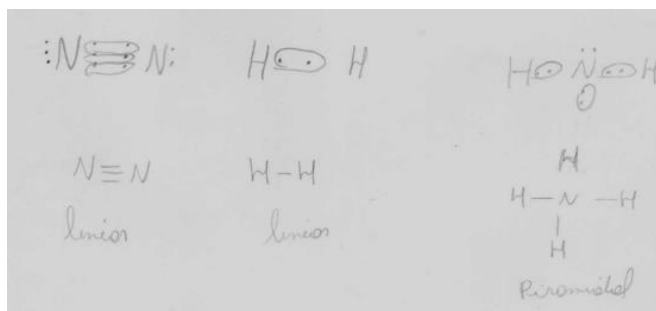
Contudo, em algumas questões, os alunos não apresentaram indícios nem de aprendizagem subordinada, nem superordenada, criando-se uma nova categoria.

c) Sem evidências de aprendizagem significativa: quando o aluno não obteve um conceito apropriado referente à construção de uma aprendizagem significativa.

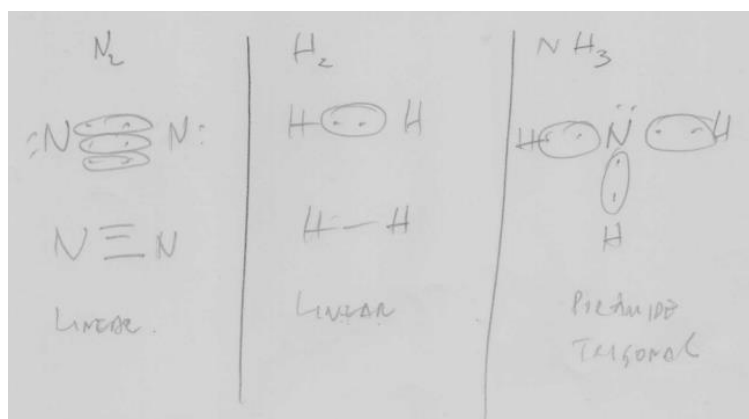
Na tabela 2, organizamos as 10 respostas relacionadas à 1ª questão para fazermos o comparativo das semelhanças e diferenças nas formas que os alunos representaram o que era proposto na referida questão.

Alunos	Questão 1
A.C.	<p>A amônia é um gás incolor, que apresenta um cheiro irritante e se encontra presente em uma mistura denominada <b>inalador de amônia</b>, utilizada para restabelecer pessoas que desmaiaram.</p> <p>A <b>amônia</b> é produzida industrialmente, conforme a reação química a seguir:</p> $\text{N}_2 (\text{g}) + 3\text{H}_2 (\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3 (\text{g})$ <p>Baseado no que você já viu e aprendeu sobre o modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, a partir das aulas virtuais e síncronas e na atividade experimental usando simulação digital em 3D de moléculas inorgânicas, usando o aplicativo <i>ACD ChemsSketch Freeware 2.1</i>, versão 2019, desenhe as fórmulas eletrônica e estrutural e diga qual o tipo de geometria do gás nitrogênio (<math>\text{N}_2</math>), gás hidrogênio (<math>\text{H}_2</math>) e do gás amônia (<math>\text{NH}_3</math>).</p> 
A partir do uso do simulador digital de moléculas <i>ACD ChemsSketch Freeware 2.1</i> , versão 2019, o aluno <b>A.C.</b> mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa <b>subordinada</b> por meio da <b>diferenciação progressiva</b> .	
B.S.	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ 
A partir do uso do simulador digital de moléculas <i>ACD ChemsSketch Freeware 2.1</i> , versão 2019, o aluno <b>B.S.</b> mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa	

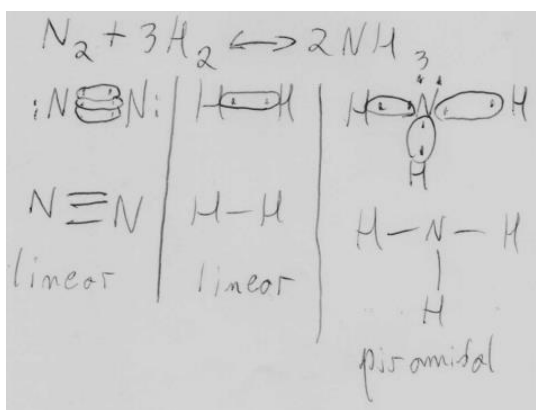


**J.S.**

A partir do uso do simulador digital de moléculas *ACD ChemsSketch Freeware 2.1*, versão 2019, o aluno **J.S.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**K.M.**

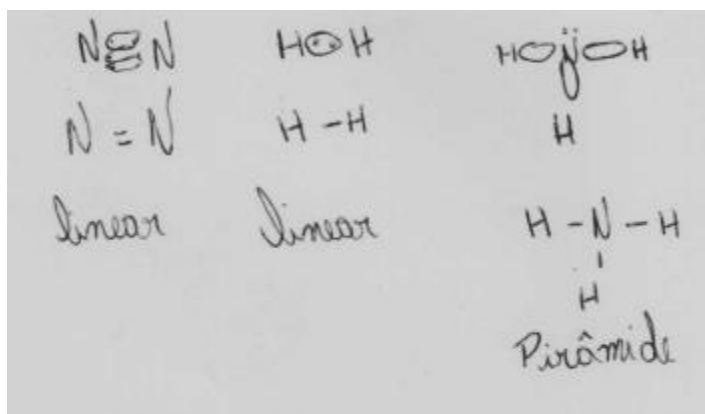
A partir do uso do simulador digital de moléculas *ACD ChemsSketch Freeware 2.1*, versão 2019, o aluno **K.M.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**K.O.**

A partir do uso do simulador digital de moléculas *ACD ChemsSketch Freeware 2.1*, versão 2019, o aluno

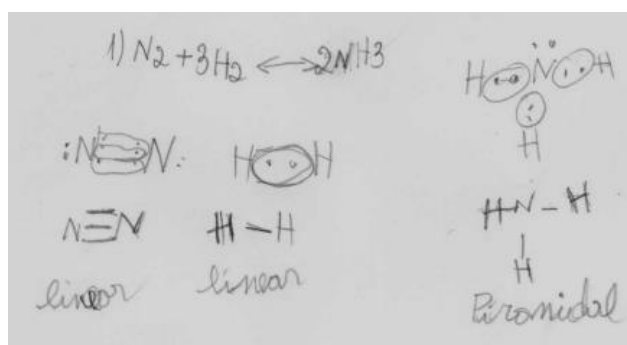
**K.O.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**R.M.**



A partir do uso do simulador digital de moléculas *ACD/Chemsketch Freeware 2.1*, versão 2019, o aluno **R.M.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**R.S.**



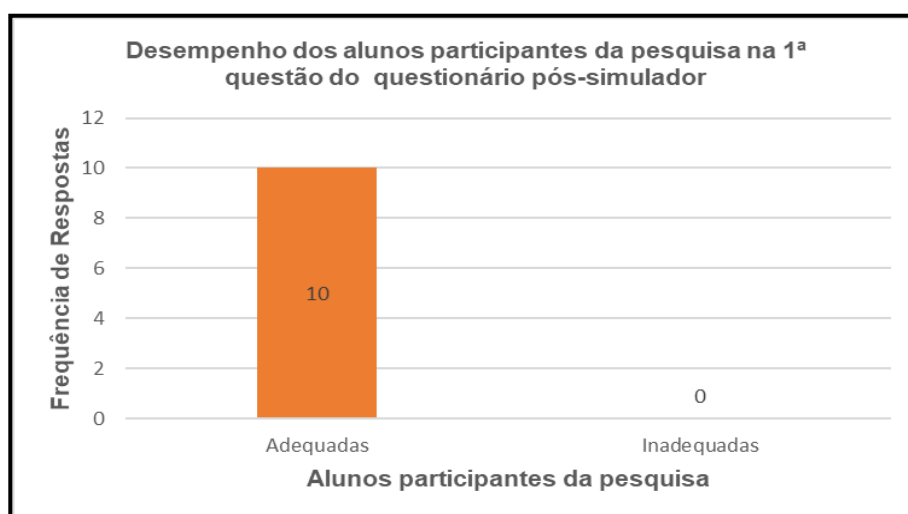
A partir do uso do simulador digital de moléculas *ACD/Chemsketch Freeware 2.1*, versão 2019, o aluno **R.S.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**Tabela 2: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 1ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

É relevante destacar que a Teoria da Aprendizagem Significativa (ou Teoria ausubeliana), na perspectiva de Moreira (1999), se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos. E isso ocorre quando esse novo conhecimento ancora-se em conceitos considerados relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Com isso, o uso do simulador digital de moléculas *ACD*

*Chemsketch Freeware* 2.1, versão 2019, foi imprescindível para que os alunos apresentassem seus conhecimentos, já estabelecidos nas suas estruturas cognitivas, para elaboração de novos conhecimentos.

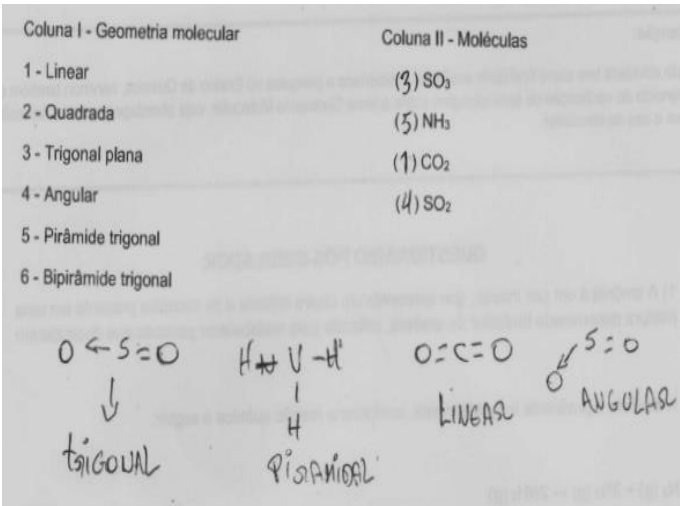
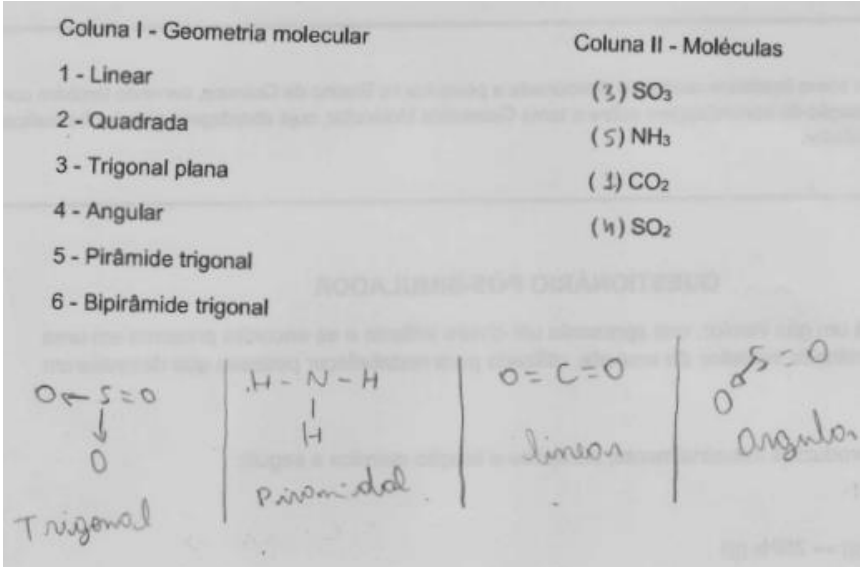
A análise dos resultados revelou que 10 alunos, ou seja, 100% dos alunos responderam à questão 1 dentro da categoria de respostas “adequadas”, pois apresentaram uma aprendizagem significativa subordinada, os subsunçores (também chamados de conhecimentos prévios) foram significativamente relevantes junto ao simulador digital de moléculas, fazendo com que fossem essenciais na construção do conhecimento significativo. Não houve alunos que respondessem à questão 1 dentro da categoria de respostas “inadequadas”. O gráfico 17 mostra o desempenho dos alunos participantes na questão 1 do questionário pós-simulador:



**Gráfico 17: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 1ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento, ele próprio irá se modificar, adquirindo novos significados, corroborando aqueles já existentes, fato verificado pela questão acima respondida.

Na tabela 3, organizamos as 10 respostas relacionadas à 2ª questão para fazermos o comparativo das semelhanças e diferenças nas formas como os alunos representaram o que era proposto na referida questão.

Alunos	<p style="text-align: center;"><b>Questão 2</b></p> <p>(UFRGS-RS) O modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência estabelece que a configuração eletrônica dos elementos que constituem uma molécula é responsável pela sua geometria molecular. Relacione as moléculas com as respectivas geometrias e desenhe-as:</p> <p>Dados: números atômicos: H (Z = 1), C (Z = 6), N (Z = 7), O (Z = 8), S (Z = 16).</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">           Coluna I - Geometria molecular            1 - Linear            2 - Quadrada            3 - Trigonal plana            4 - Angular            5 - Pirâmide trigonal            6 - Bipirâmide trigonal         </td> <td style="width: 50%; border: none;">           Coluna II - Moléculas            ( ) SO<sub>3</sub>            ( ) NH<sub>3</sub>            ( ) CO<sub>2</sub>            ( ) SO<sub>2</sub> </td> </tr> </table>	Coluna I - Geometria molecular 1 - Linear 2 - Quadrada 3 - Trigonal plana 4 - Angular 5 - Pirâmide trigonal 6 - Bipirâmide trigonal	Coluna II - Moléculas ( ) SO <sub>3</sub> ( ) NH <sub>3</sub> ( ) CO <sub>2</sub> ( ) SO <sub>2</sub>												
Coluna I - Geometria molecular 1 - Linear 2 - Quadrada 3 - Trigonal plana 4 - Angular 5 - Pirâmide trigonal 6 - Bipirâmide trigonal	Coluna II - Moléculas ( ) SO <sub>3</sub> ( ) NH <sub>3</sub> ( ) CO <sub>2</sub> ( ) SO <sub>2</sub>														
<p><b>A.C.</b></p>	 <p>The student's work shows a matching table between molecular geometries and molecules:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Coluna I - Geometria molecular</th> <th>Coluna II - Moléculas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - Linear</td> <td>(3) SO<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>2 - Quadrada</td> <td>(5) NH<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>3 - Trigonal plana</td> <td>(1) CO<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>4 - Angular</td> <td>(4) SO<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>5 - Pirâmide trigonal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 - Bipirâmide trigonal</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Below the table, the student has drawn four molecular structures with their corresponding geometries:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SO<sub>3</sub>: Trigonal</li> <li>NH<sub>3</sub>: Pirâmide</li> <li>CO<sub>2</sub>: Linear</li> <li>SO<sub>2</sub>: Angular</li> </ul>	Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas	1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>	2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>	3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>	4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>	5 - Pirâmide trigonal		6 - Bipirâmide trigonal	
Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas														
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>														
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>														
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>														
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>														
5 - Pirâmide trigonal															
6 - Bipirâmide trigonal															
<p>O aluno <b>A.C.</b> mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.</p>															
<p><b>B.S.</b></p>	 <p>The student's work shows a matching table between molecular geometries and molecules:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Coluna I - Geometria molecular</th> <th>Coluna II - Moléculas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - Linear</td> <td>(3) SO<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>2 - Quadrada</td> <td>(5) NH<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>3 - Trigonal plana</td> <td>(1) CO<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>4 - Angular</td> <td>(4) SO<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>5 - Pirâmide trigonal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 - Bipirâmide trigonal</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Below the table, the student has drawn four molecular structures with their corresponding geometries:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SO<sub>3</sub>: Trigonal</li> <li>NH<sub>3</sub>: Pirâmide</li> <li>CO<sub>2</sub>: linear</li> <li>SO<sub>2</sub>: Angular</li> </ul>	Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas	1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>	2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>	3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>	4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>	5 - Pirâmide trigonal		6 - Bipirâmide trigonal	
Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas														
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>														
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>														
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>														
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>														
5 - Pirâmide trigonal															
6 - Bipirâmide trigonal															



O aluno **B.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**E.S.**

Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas
1 - Linear	(7) SO <sub>3</sub>
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>
5 - Pirâmide trigonal	
6 - Bipirâmide trigonal	

O aluno **E.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**G.C.**

Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>
5 - Pirâmide trigonal	
6 - Bipirâmide trigonal	

O aluno **G.C.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que

chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**G.S.**

Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>
5 - Pirâmide trigonal	
6 - Bipirâmide trigonal	

O aluno **G.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**J.S.**

Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>
5 - Pirâmide trigonal	
6 - Bipirâmide trigonal	

O aluno **J.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**K.M.**

Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>
5 - Pirâmide trigonal	
6 - Bipirâmide trigonal	

Handwritten structures and labels:

- $O=C=O$  labeled "LINEAR"
- $O=S=O$  labeled "angular"
- $O=S(=O)$  labeled "T.P." (Trigonal Plana)
- $H-N-H$  (with a third H below N) labeled "T.P." (Trigonal Plana)

O aluno **K.M.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**K.O.**

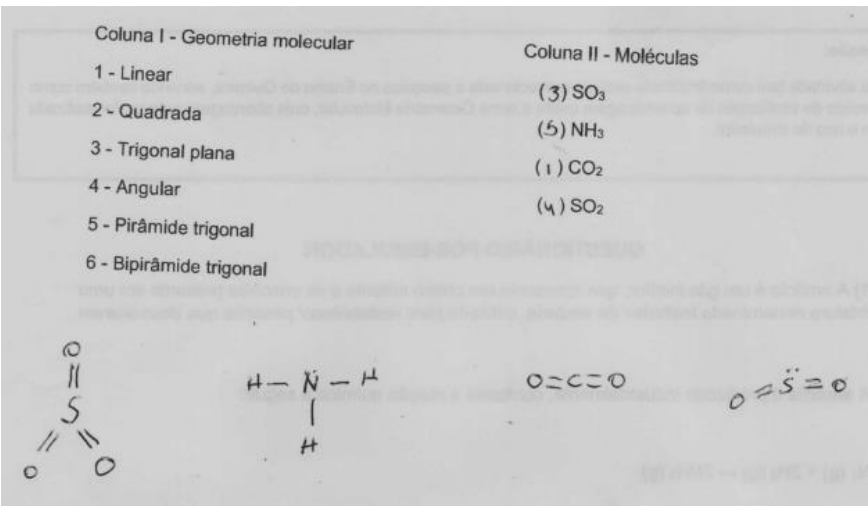
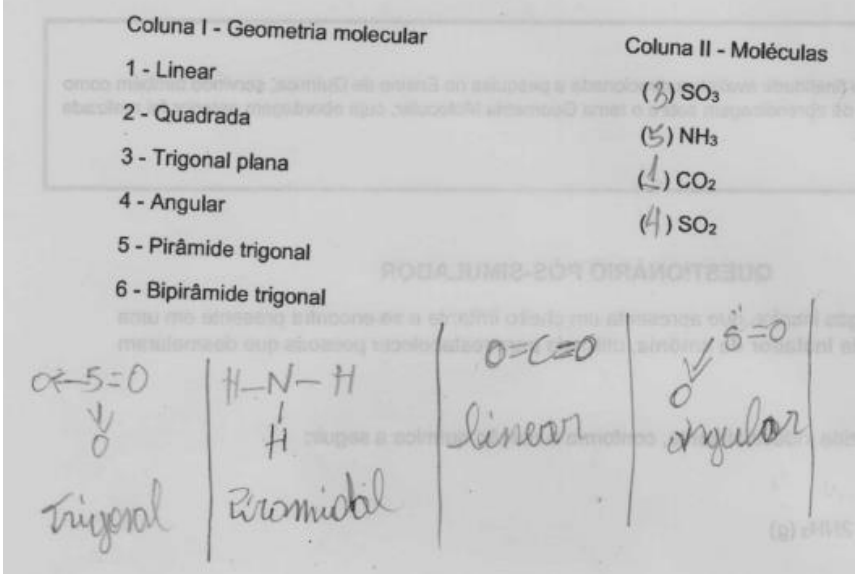
Coluna I - Geometria molecular	Coluna II - Moléculas
1 - Linear	(3) SO <sub>3</sub>
2 - Quadrada	(5) NH <sub>3</sub>
3 - Trigonal plana	(1) CO <sub>2</sub>
4 - Angular	(4) SO <sub>2</sub>
5 - Pirâmide trigonal	
6 - Bipirâmide trigonal	

Handwritten structures and labels:

- $O=S=O$  labeled "Trigonal"
- $H-N-H$  (with a third H below N) labeled "Piramidal"
- $O=C=O$  labeled "Linear"
- $O=S=O$  labeled "angular"

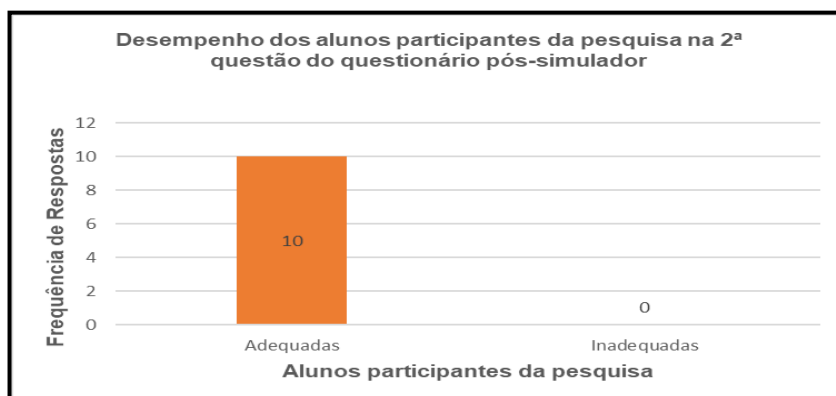
O aluno **K.O.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

<p><b>R.M.</b></p>	 <p>Coluna I - Geometria molecular</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Linear</li> <li>2 - Quadrada</li> <li>3 - Trigonal plana</li> <li>4 - Angular</li> <li>5 - Pirâmide trigonal</li> <li>6 - Bipirâmide trigonal</li> </ol> <p>Coluna II - Moléculas</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(3) SO<sub>3</sub></li> <li>(5) NH<sub>3</sub></li> <li>(1) CO<sub>2</sub></li> <li>(4) SO<sub>2</sub></li> </ol> <p>Handwritten structures: SO<sub>3</sub> (trigonal planar), NH<sub>3</sub> (trigonal pyramidal), CO<sub>2</sub> (linear), SO<sub>2</sub> (angular).</p>
<p>O aluno <b>R.M.</b> mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.</p>	
<p><b>R.S.</b></p>	 <p>Coluna I - Geometria molecular</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Linear</li> <li>2 - Quadrada</li> <li>3 - Trigonal plana</li> <li>4 - Angular</li> <li>5 - Pirâmide trigonal</li> <li>6 - Bipirâmide trigonal</li> </ol> <p>Coluna II - Moléculas</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(3) SO<sub>3</sub></li> <li>(5) NH<sub>3</sub></li> <li>(1) CO<sub>2</sub></li> <li>(4) SO<sub>2</sub></li> </ol> <p>Handwritten structures and labels: SO<sub>3</sub> (trigonal), NH<sub>3</sub> (piramidal), CO<sub>2</sub> (linear), SO<sub>2</sub> (angular).</p>
<p>O aluno <b>R.S.</b> mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.</p>	

**Tabela 3: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 2ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

A análise da questão 2 revelou que 10 alunos, ou seja, 100% deles responderam essa questão dentro da categoria de respostas “adequadas”, pois usaram, dentro da perspectiva ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois as respostas mostraram que foi possível a aprendizagem de um novo conceito e que ele passou a subordinar os que já existiam nas suas estruturas cognitivas. Não houve alunos que respondessem à questão 2

dentro da categoria de respostas “inadequadas”. O gráfico 18 mostra o desempenho dos alunos participantes na questão 2 do questionário pós-simulador:

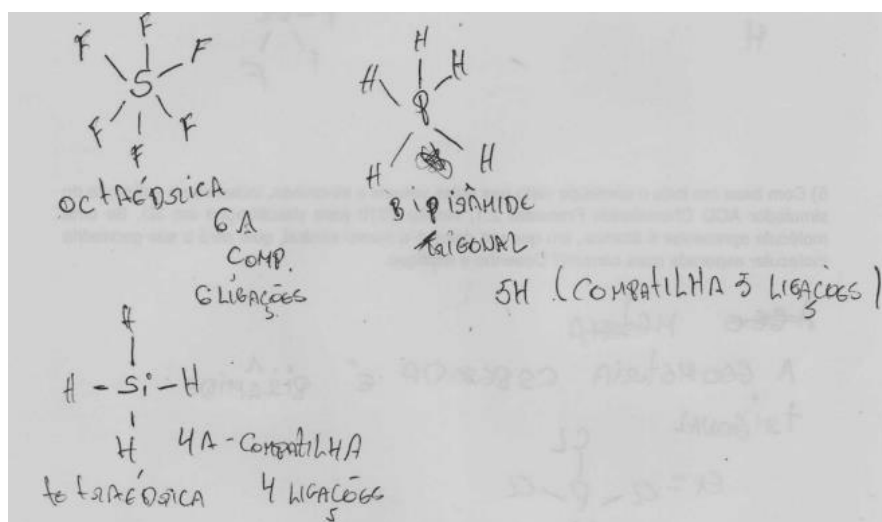


**Gráfico 18: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 2ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

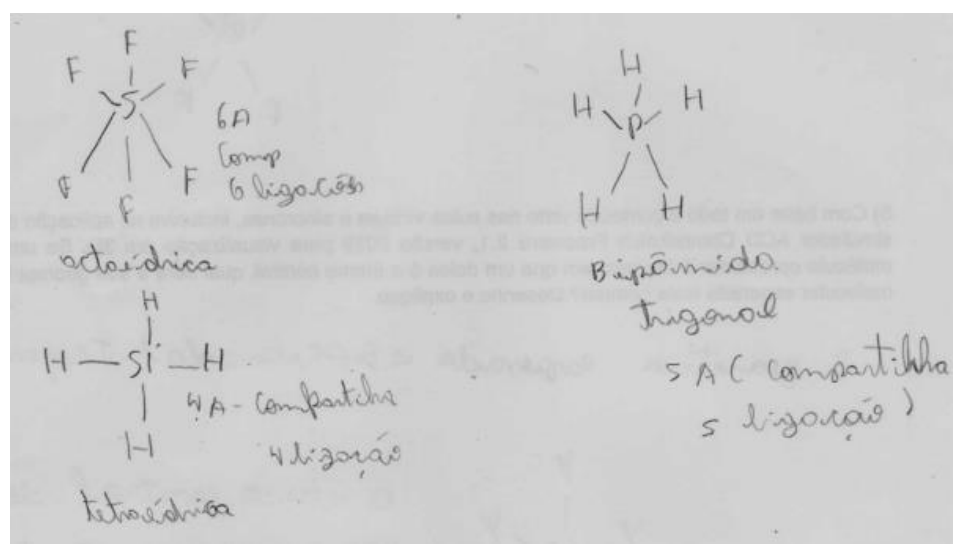
Portanto, os conhecimentos prévios dos alunos, agregados à relação geometria molecular/simulador digital de moléculas, foram consolidados. O conhecimento prévio inicial atrelado aos novos significados adquiridos por meio da utilização do *software ACD ChemsSketch Freeware 2.1*, versão 2019, auxiliaram na formação dos conceitos. E isso é o que Ausubel chamava de assimilação em sua teoria.

Na tabela 4, organizamos as 10 respostas relacionadas à 3ª questão para fazermos o comparativo das semelhanças e diferenças nas formas que os alunos representaram o que era proposto na referida questão.

Alunos	Questão 3
	<p>A Teoria de Repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência afirma que “Ao redor do átomo central, pares eletrônicos ligantes e não ligantes se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível”.</p> <p>De acordo com essa teoria, quais são as fórmulas estruturais e eletrônicas que são esperadas para as moléculas do hexafluoreto de enxofre (<math>\text{SF}_6</math>), penta-hidreto de fósforo (<math>\text{PH}_5</math>) e do silano (<math>\text{SiH}_4</math>), respectivamente? Explique também o motivo de cada molécula ter determinada geometria molecular.</p> <p>Dados: Números atômicos H (<math>Z = 1</math>); F (<math>Z = 9</math>); Si (<math>Z=14</math>); P (<math>Z=15</math>); S (<math>Z=16</math>)</p>

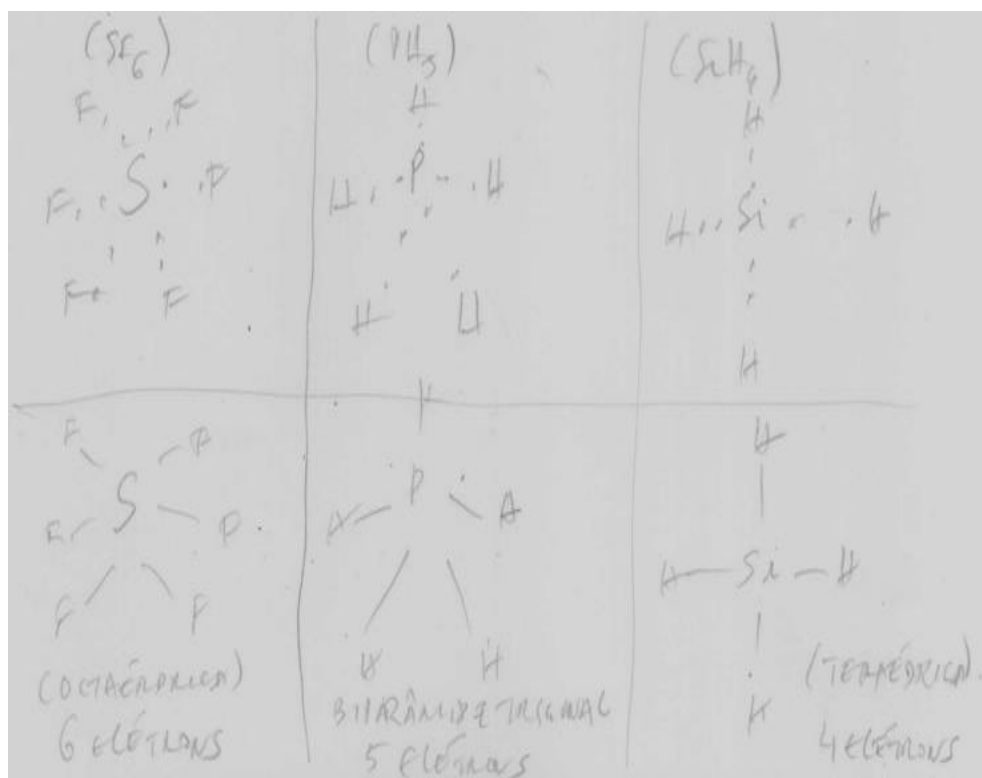
**A.C.**

O aluno **A.C.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**B.S.**

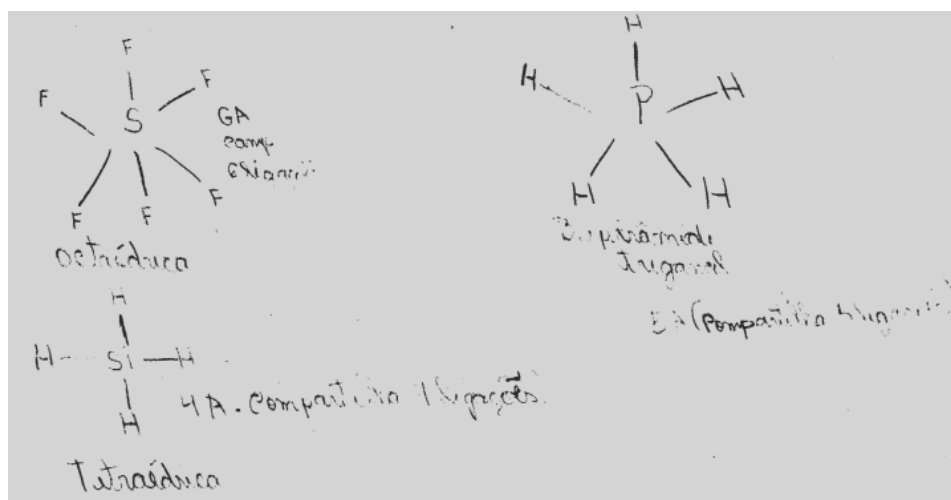
O aluno **B.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

E.S.

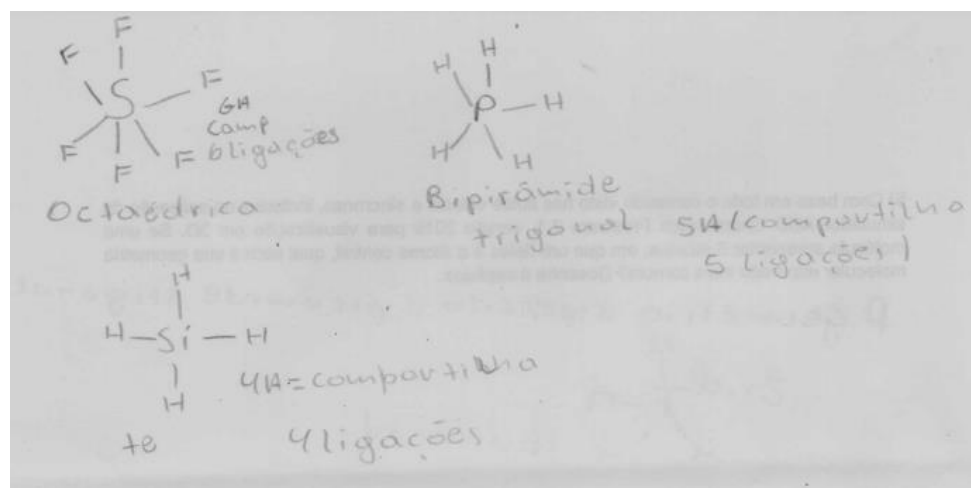


O aluno **E.S.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

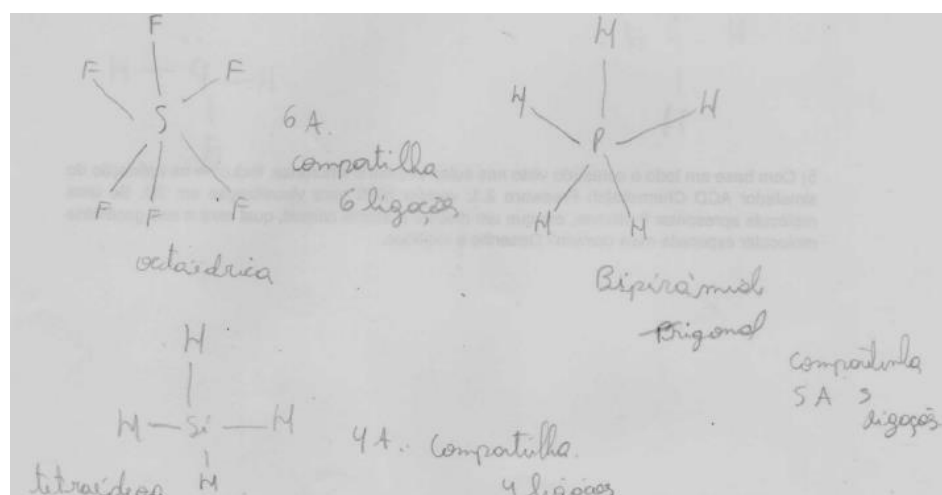
G.C.



O aluno **G.C.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**G.S.**

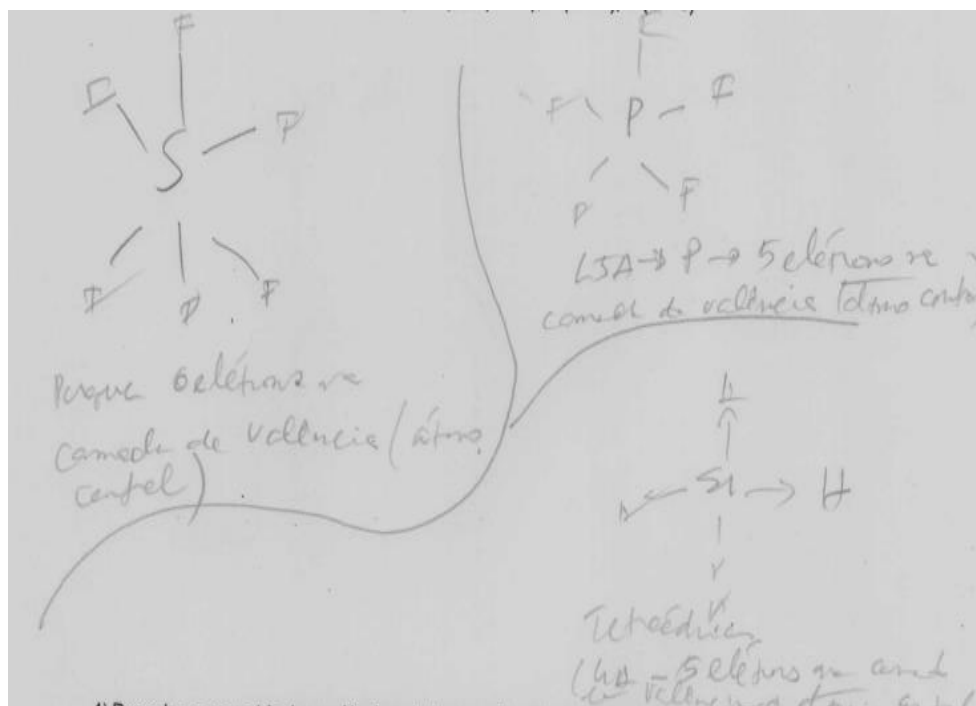
O aluno **G.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**J.S.**

O aluno **J.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

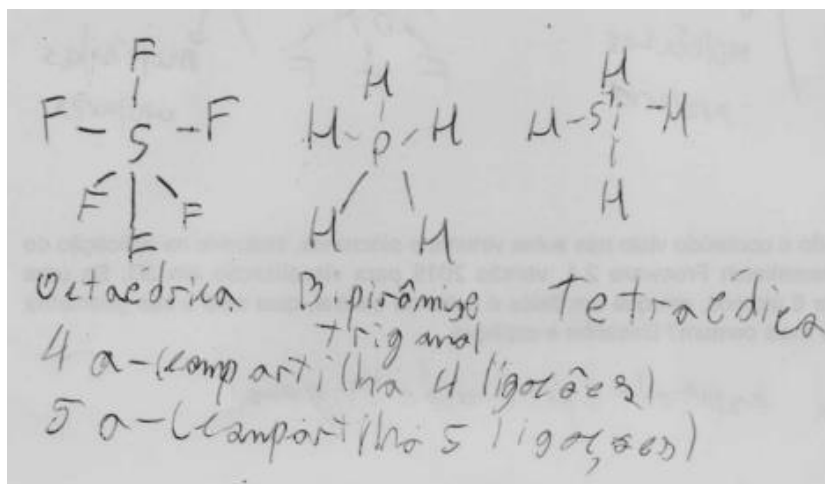


K.M.



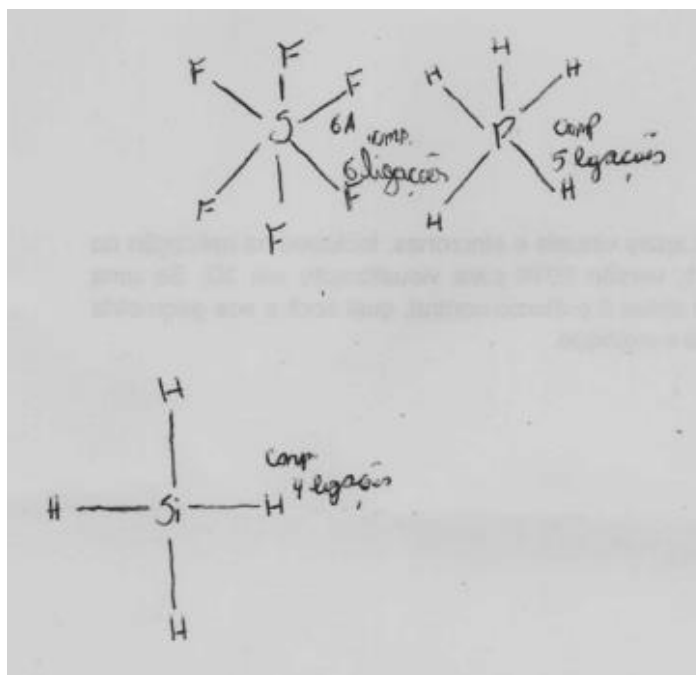
O aluno **K.M.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

K.O.



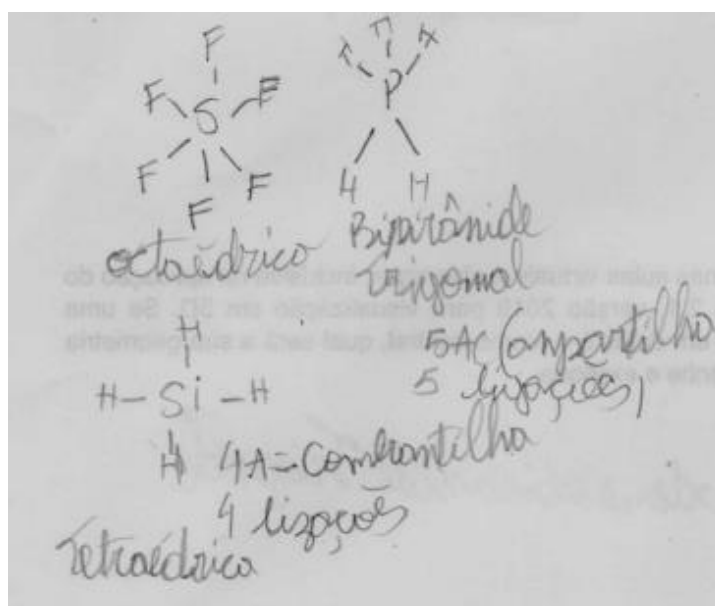
O aluno **K.O.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

R.M.



O aluno **R.M.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

R.S.



O aluno **R.S.** mostrou resultados que evidenciam, dentro da perspectiva da teoria ausubeliana, o que chamamos de aprendizagem significativa superordenada, pois apresenta um conhecimento que passa a subordinar aqueles que lhe deram origem, por meio da abstração e indução.

**Tabela 4: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 3ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

A análise da questão 3 revelou que 100% dos alunos, ou seja, 10 alunos responderam à questão 3 dentro da categoria de respostas “adequadas”, sendo distribuídas da seguinte maneira dentro da perspectiva ausubeliana:

90% dos alunos, ou seja, 9 alunos responderam à questão usando a aprendizagem significativa superordenada, pois as respostas mostraram que foi possível a assimilação de um novo conceito e que ele passou a subordinar os que já existiam nas suas estruturas cognitivas; pode-se observar, também, que os alunos, observando as semelhanças e diferenças, chegaram, por meio de um raciocínio indutivo, ao conceito de geometria molecular. O uso do *software* de simulação digital de moléculas, de certa forma, facilitou esse raciocínio indutivo e, com isso, os resultados foram positivos e satisfatórios.

Como já foi mencionado anteriormente, esse tipo de aprendizagem envolve processos de abstração, indução e síntese, levando à assimilação de novos conhecimentos, que passam a subordinar aqueles que lhe deram origem. Segundo Ausubel, é um mecanismo fundamental para aquisição de conceitos e isso fica claramente observado na análise da questão 3 dos alunos **A.C.**, **B.S.**, **G.C.**, **G.S.**, **J.S.**, **K.M.**, **K.O.**, **R.M.** e **R.S.**

No entanto, 10% dos alunos responderam à questão usando a aprendizagem significativa subordinada, pois o conhecimento novo foi assimilado com base nos conhecimentos prévios, o que levou a criar novos conhecimentos. É o que se pode observar na análise da questão 3 do aluno **E.S.** O gráfico 19 mostra o desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 3ª questão do questionário pós-simulador:

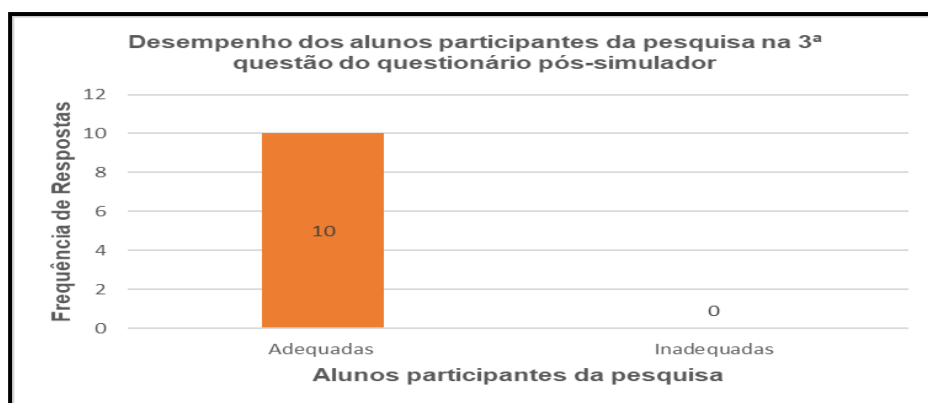
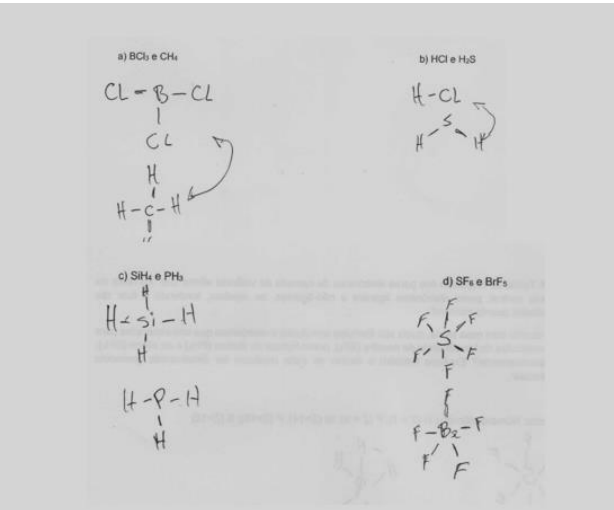
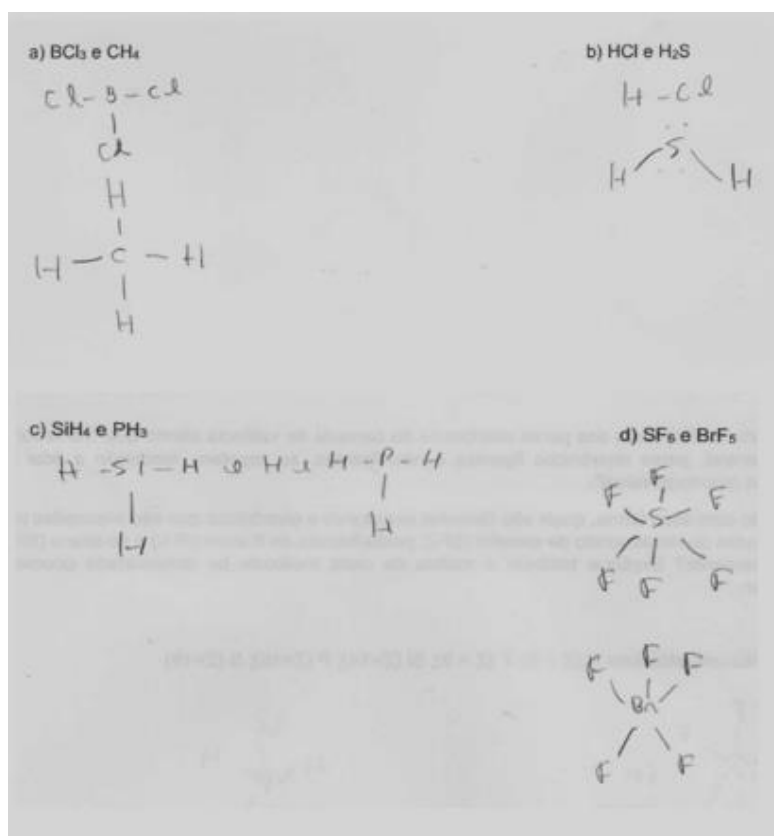


Gráfico 19: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 3ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).

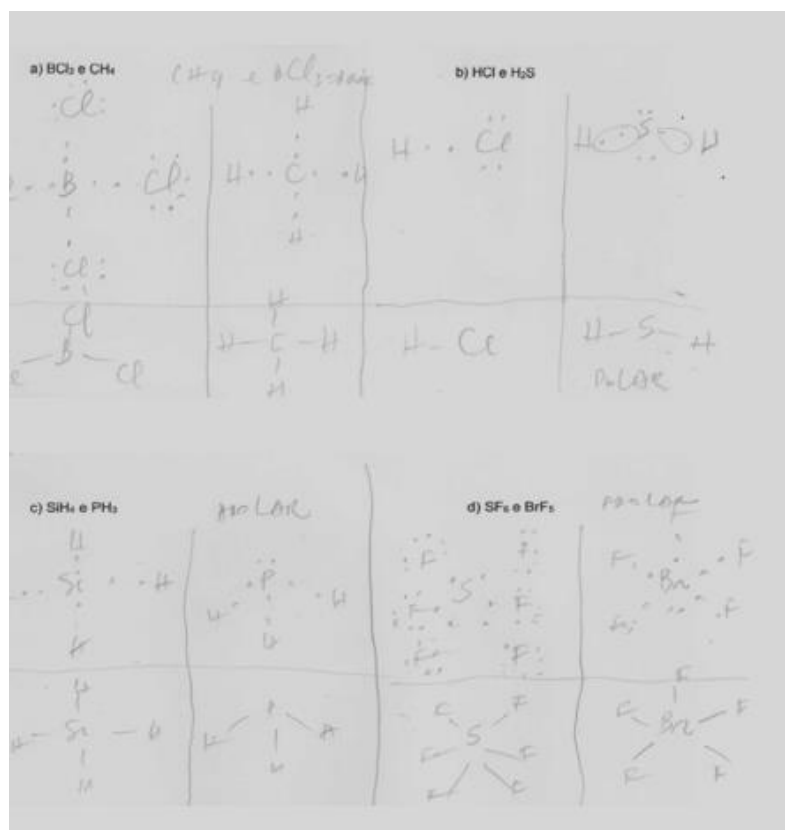
Na tabela 5, organizamos as 10 respostas relacionadas à 4ª questão para fazermos o comparativo das semelhanças e diferenças nas formas como os alunos representaram o que era proposto na referida questão.

Alunos	Questão 4
A.C.	<p>Desenhe a geometria das moléculas abaixo e explique, baseado nas aulas virtuais e síncronas sobre geometria molecular e polaridade das moléculas, o que elas têm em comum.</p> <p>Compare:</p> <p>a) <math>\text{BCl}_3</math> e <math>\text{CH}_4</math> <span style="float: right;">b) <math>\text{HCl}</math> e <math>\text{H}_2\text{S}</math></span></p> <p>c) <math>\text{SiH}_4</math> e <math>\text{PH}_3</math> <span style="float: right;">d) <math>\text{SF}_6</math> e <math>\text{BrF}_5</math></span></p> 
<p>O aluno <b>A.C.</b> não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.</p>	

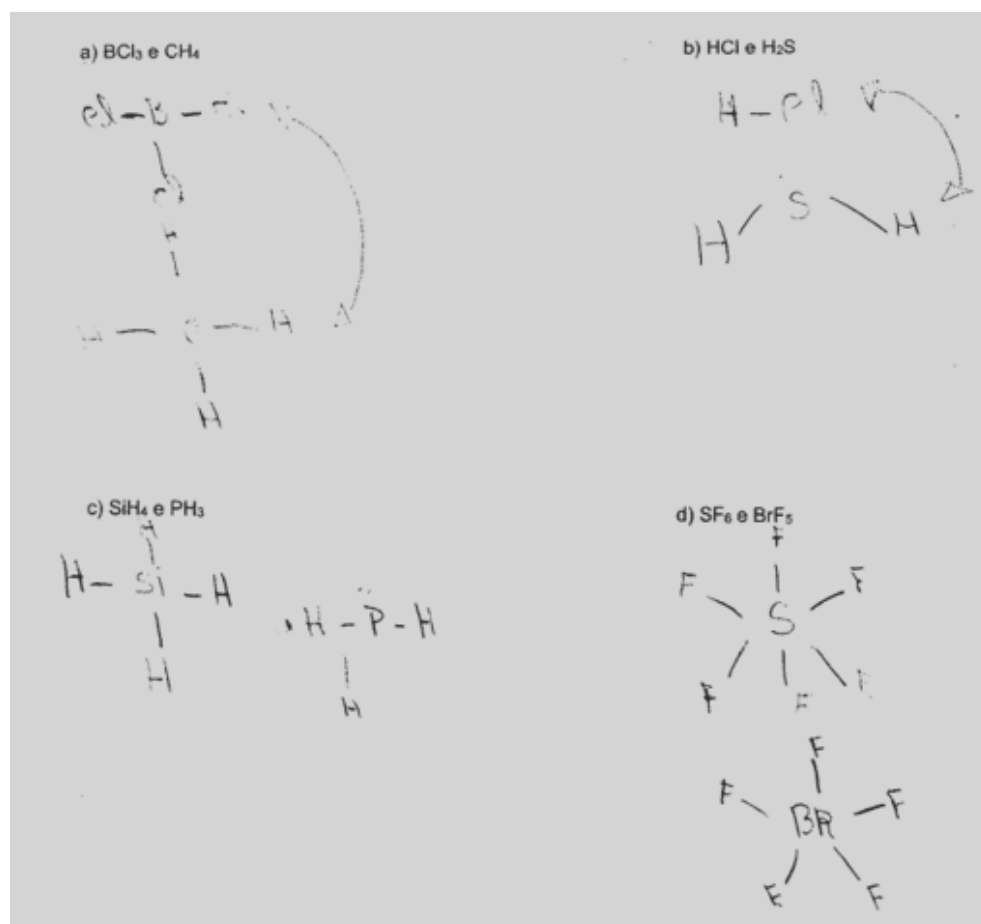
**B.S.**

O aluno **B.S.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

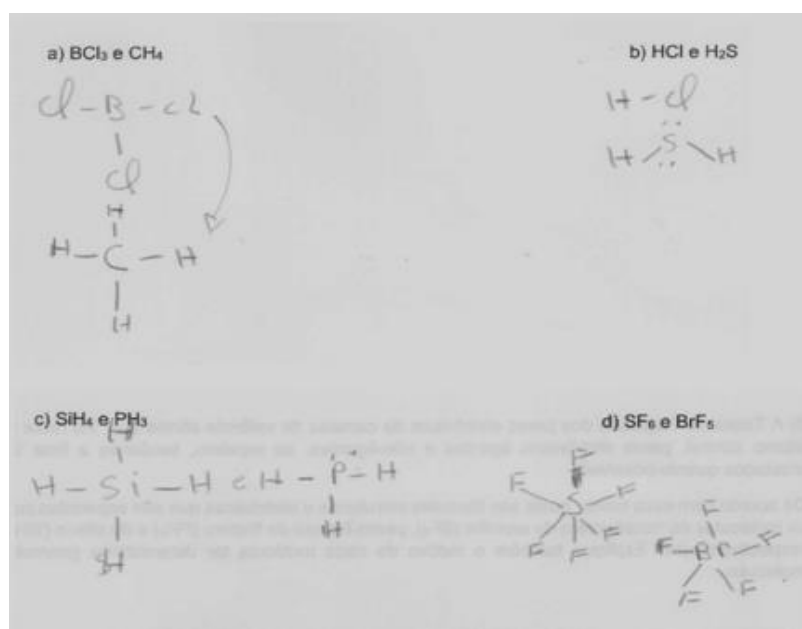
E.S.



O aluno **E.S.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

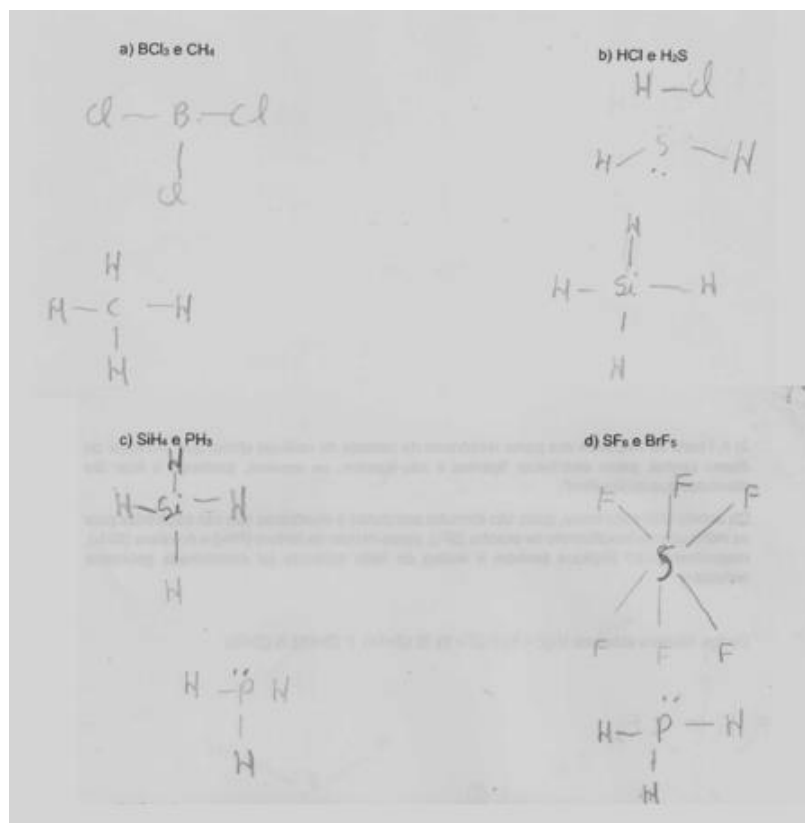
**G.C.**

O aluno **G.C.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

**G.S.**

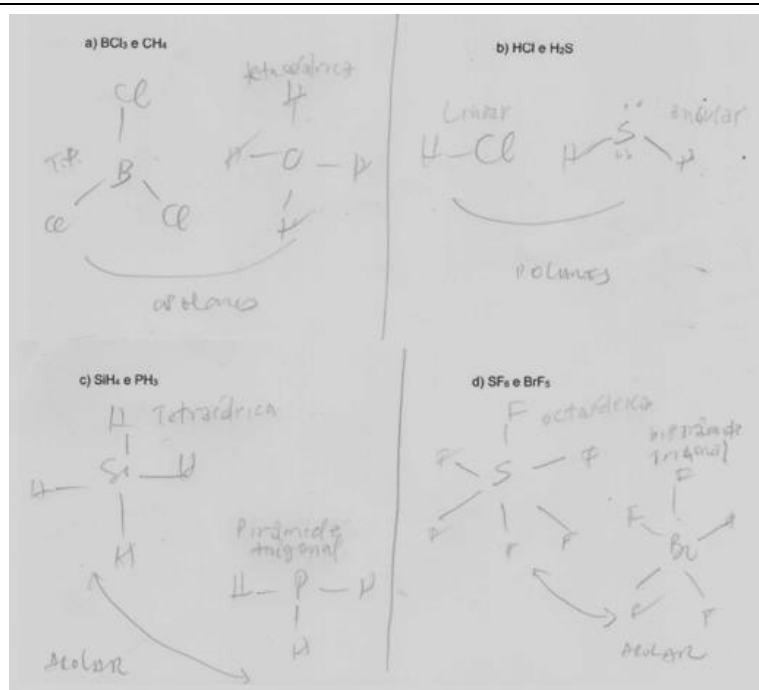
O aluno **G.S.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

**J.S.**



O aluno **J.S.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

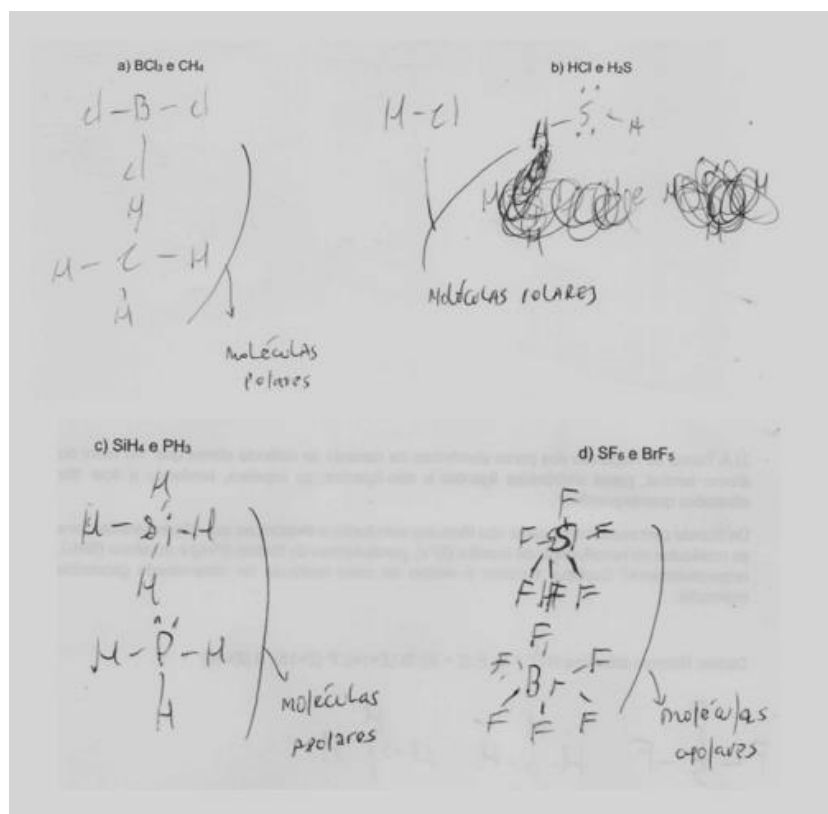
**K.M.**





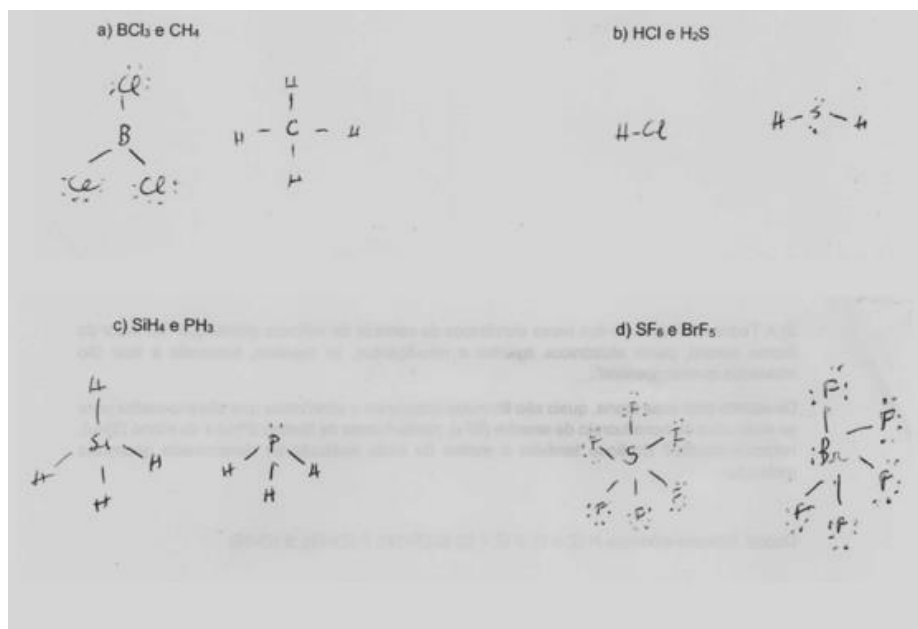
O aluno **K.M.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**K.O.**



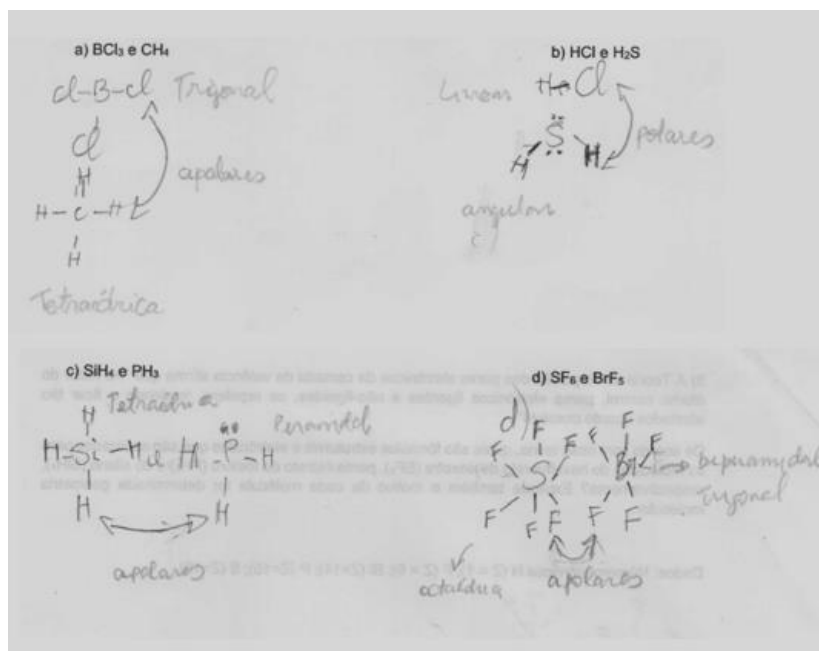
O aluno **K.O.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

R.M.



O aluno **R.M.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

R.S.



O aluno **R.S.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

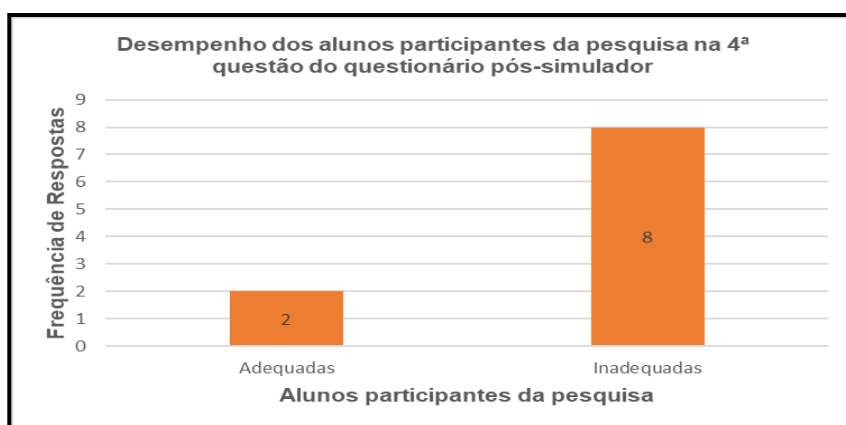
**Tabela 5: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 4ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

A análise da questão 4 revelou que 80% dos alunos, ou seja, 8 alunos responderam essa questão dentro da resposta de categorias “inadequadas”, pois ainda não dominam o conceito de geometria de forma apropriada, demonstrando que o simulador digital de moléculas *ACD ChemsSketch Freeware 2.1*, versão 2019, não foi suficiente para que os alunos relacionassem a geometria das moléculas propostas com sua polaridade, lembrando que tal polaridade está relacionada com a distribuição dos elétrons ao redor dos átomos. É de extrema importância que se saiba o conceito de geometria molecular para melhor utilizar o software de simulação de moléculas, prevendo, assim, a geometria molecular para distinguir da geometria dos elétrons.

Segundo Moreira (2006), a aprendizagem de conceitos

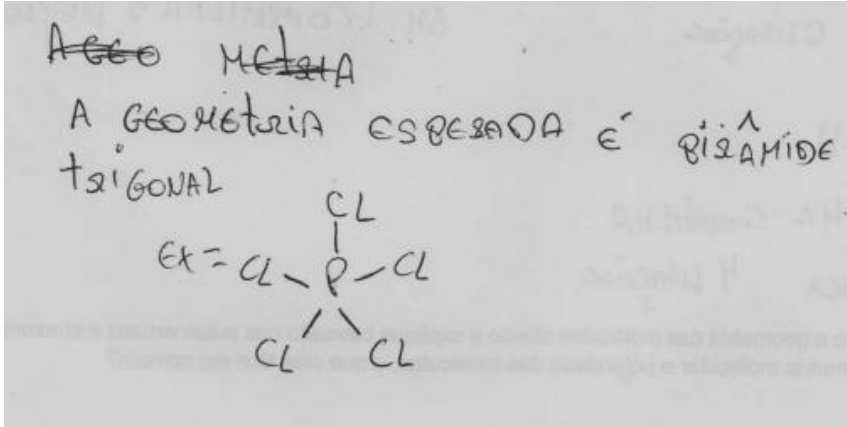
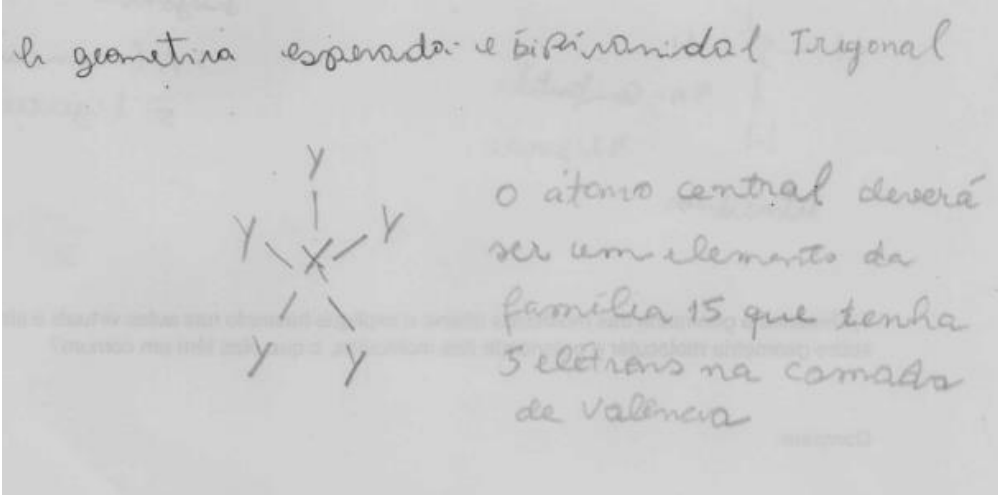
ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo. Trata-se, então, de uma aprendizagem representacional de alto nível. Portanto, ainda que ela seja próxima à aprendizagem mecânica, ela é significativa porque o símbolo significa um referente concreto. Na aprendizagem mecânica a relação símbolo – objeto/evento é apenas associativa, sem significado.

20% dos alunos, no entanto, ou seja, 2 alunos responderam à questão 4 dentro da categoria de respostas “adequadas”, pois apresentaram uma aprendizagem significativa subordinada nesta quarta questão, evidenciando que os subsunçores (também chamados de conhecimentos prévios) foram significativamente relevantes junto ao simulador digital de moléculas, fazendo com que fossem essenciais na construção do conhecimento significativo. O gráfico 20 mostra o desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 4ª questão do questionário pós-simulador:



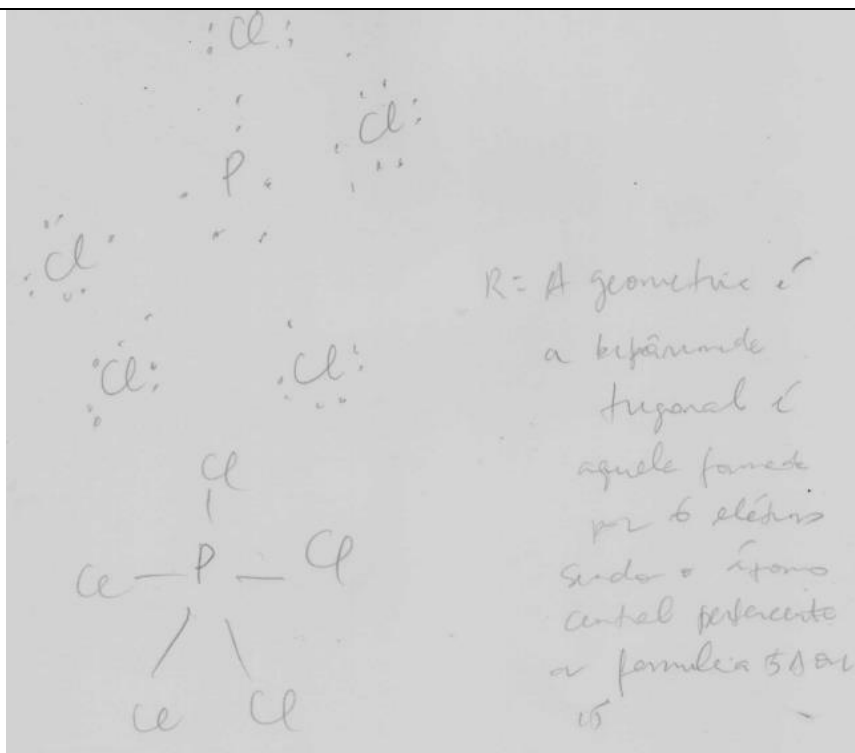
**Gráfico 20: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 4ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

Na tabela 6, organizamos as 10 respostas relacionadas à 5ª questão para fazermos o comparativo das semelhanças e diferenças nas formas como os alunos representaram o que era proposto na referida questão.

Alunos	Questão 5
A.C.	<p>Com base em todo o conteúdo visto nas aulas virtuais e síncronas, inclusive na aplicação do simulador <i>ACD/Chemsketch Freeware 2.1</i>, versão 2019, para visualização em 3D, se uma molécula apresentar 6 átomos, em que um deles é o átomo central, qual será a sua geometria molecular esperada mais comum? Desenhe e explique.</p> 
<p>O aluno <b>A.C.</b> não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.</p>	
B.S.	<p>A geometria esperada é bipirâmide Trigonal</p> 
<p>O aluno <b>B.S.</b> mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa <b>subordinada</b> por</p>	

meio da **diferenciação progressiva**.

**E.S.**



O aluno **E.S.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**G.C.**

A Geometria esperada é pirâmide

O aluno **G.C.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

**G.S.**

A geometria esperada é pirâmide trigonal

The image shows a handwritten chemical structure of phosphorus pentachloride (PCl<sub>5</sub>). The central phosphorus atom (P) is bonded to five chlorine atoms (Cl). One chlorine atom is bonded to the top of the phosphorus atom, and another is bonded to the right. Two chlorine atoms are bonded to the bottom of the phosphorus atom, and one is bonded to the left. The structure is drawn in a way that suggests a trigonal bipyramidal geometry. To the right of the structure, there is a handwritten note in Portuguese: "A geometria esperada é pirâmide trigonal".

O aluno **G.S.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação

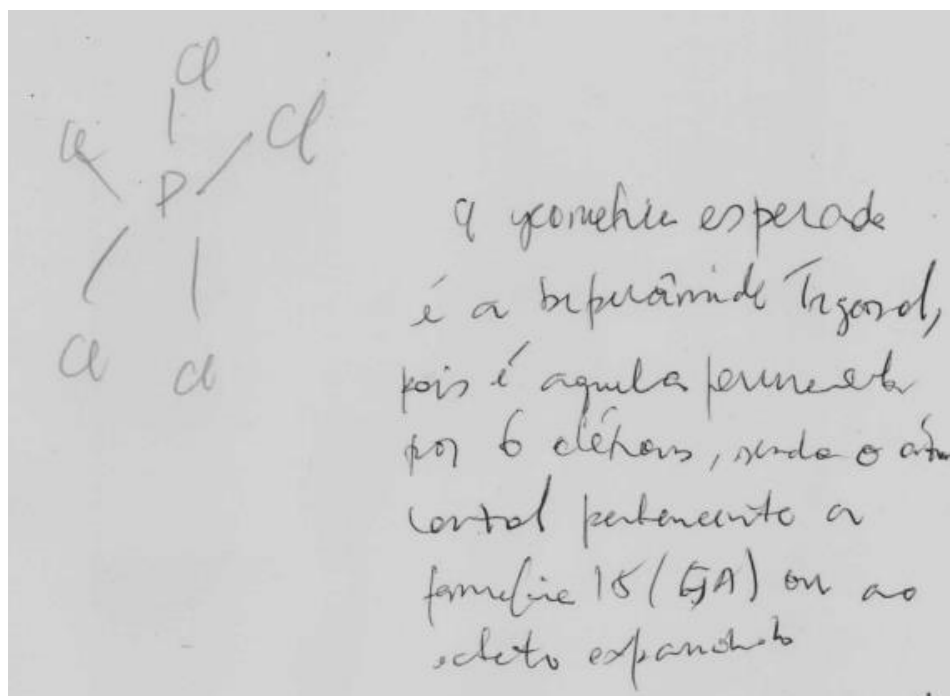
integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

**J.S.**

**“O aluno J.S. não respondeu a questão 5”. Deixou a questão em branco.**

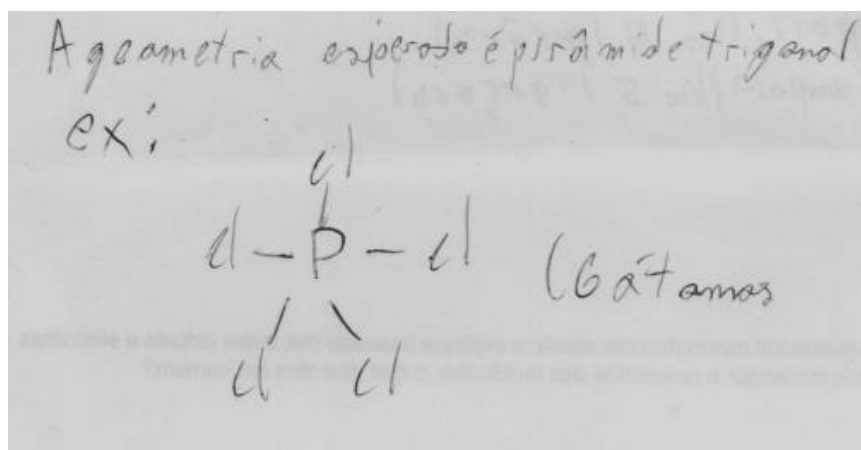
O aluno **J.S.** não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

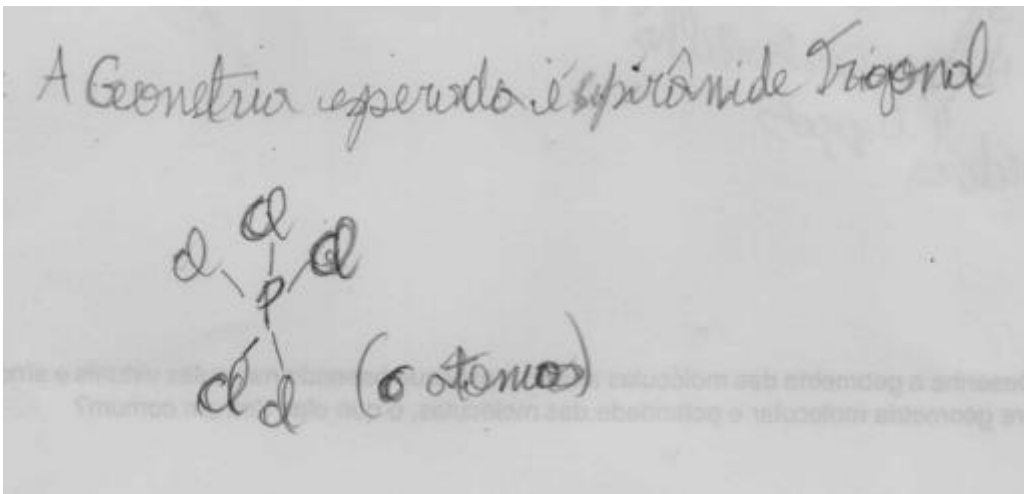
**K.M.**



O aluno **K.M.** mostrou resultados que evidenciam que a questão pode ser respondida por meio dos conhecimentos prévios já existentes e que o levou a desenvolver novos conceitos. Portanto, essa característica se encaixa dentro do que chamamos de aprendizagem significativa **subordinada** por meio da **diferenciação progressiva**.

**K.O.**



	O aluno <b>K.O.</b> não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.
<b>R.M.</b>	<b>“O aluno R.M. não respondeu à questão 5”. Deixou a questão em branco</b>
	O aluno <b>R.M.</b> não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.
<b>R.S.</b>	
	O aluno <b>R.S.</b> não obteve um conceito apropriado referente à construção de um novo conhecimento, dentro da perspectiva ausubeliana, com características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora. Portanto, não houve evidências de uma aprendizagem significativa.

**Tabela 6: Respostas dos alunos participantes da pesquisa com relação à 5ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

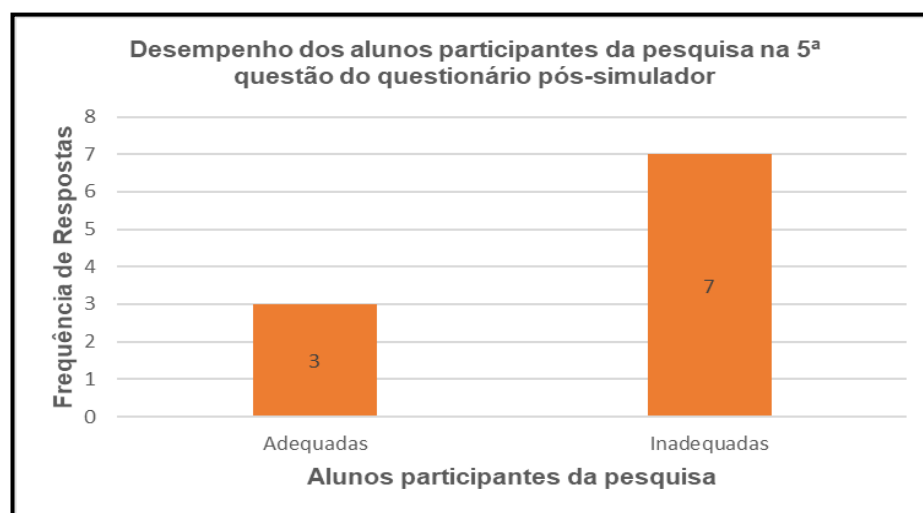
A análise da questão 5 revelou que 70% dos alunos, ou seja, 7 alunos responderam à questão 5 dentro da categoria de respostas “inadequadas”, pois não dominam o conceito de geometria molecular. O auxílio de recursos tecnológicos para aprendizagem, como no caso do simulador digital de moléculas, é de fundamental importância para que se compreenda o conceito de geometria molecular, no entanto se faz necessário que o aluno já carregue consigo ideias, informações ou proposições em sua estrutura cognitiva, uma vez que as TDICs e suas ferramentas de ensino-aprendizagem têm como finalidade auxiliar/desenvolver e não ser a única fonte de resolução de problemas. Em termos de nível de abordagem teórica, essa questão é

considerada de fácil entendimento, porém não foi o resultado esperado na aplicação dela. Ausubel, dentro da sua teoria, destaca que, muitas vezes, os organizadores prévios não são familiares e que há dois tipos deles: quando o material não é familiar ou, por outro lado, quando é relativamente familiar.

No primeiro caso, é recomendado o uso de um organizador expositivo, que fará a ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele realmente deveria saber para que ele fosse considerado potencialmente significativo. E o recomendado, segundo Ausubel, é que esse organizador deverá prover uma ancoragem ideacional em termos ou situações-problemas que são familiares ao aluno.

No segundo caso, será usado um organizador comparativo, que auxiliará o aluno a integrar novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva e, concomitantemente, a diferenciá-los de outros que já existam.

30% dos alunos, contudo, ou seja, 3 alunos responderam a 5ª questão dentro da categoria de respostas “adequadas”, pois apresentaram uma aprendizagem significativa subordinada dentro da perspectiva ausubeliana, evidenciando que os subsunçores (também chamados de conhecimentos prévios), apresentados durante as aulas virtuais e síncronas via *Google Meet*, junto ao simulador digital de moléculas, foram significativamente relevantes, fazendo com que fossem essenciais na construção do conhecimento significativo. O gráfico 21 mostra o desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 5ª questão do questionário pós-simulador:



**Gráfico 21: Desempenho dos alunos participantes da pesquisa na 5ª questão do questionário pós-simulador. (Fonte: o autor, 2021).**

É notável ressaltar que a aprendizagem significativa vai muito além do que uma aula bem executada, de um professor bem didático e de um aluno bem dedicado: o



significado é a parte mais estável do sentido e ele depende do domínio progressivo de situações-problema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Neste trabalho procurou-se investigar como uma ferramenta tecnológica, como o simulador digital de moléculas, pode contribuir para uma aprendizagem significativa sobre conceitos relevantes e referentes à aprendizagem de Geometria Molecular e isso aconteceu por meio da observação durante as atividades que foram desenvolvidas ao longo do roteiro que foi pré-estabelecido em uma sequência didática. Procurou-se, também, identificar as dificuldades que envolveram a aplicação dessa sequência de atividades, com relação ao uso do simulador.

Os resultados mostraram que a estratégia utilizada nesta pesquisa contribuiu significativamente para a aprendizagem dos conceitos de Geometria Molecular. Os alunos se mostraram interessados e motivados a participar das atividades desenvolvidas tanto durante as aulas virtuais quanto as presenciais, promovendo momentos de discussão e aprendizagem durante as aulas. A ideia em desenhar estruturas inorgânicas em duas dimensões e visualiza-las em três dimensões usando a simulação computacional se deu no sentido de que esta abordagem permite simular situações reais, visando a compreensão dos fenômenos que envolvem ligação química.

Como os encontros da sequência didática foram separados de acordo com as etapas da pesquisa, podemos inferir que:

a) O **questionário de sondagem** foi o marco de desenvolvimento da pesquisa. Neste sentido aplicamos um questionário com questões objetivas sobre a percepção dos alunos frente ao uso de recurso didáticos utilizados pelo professor em sala de aula, conceitos sobre simulação, software aplicativo de simulação, dificuldades sinalizadas pelos alunos na aprendizagem de Química, proposta de simulador digital educacional nas aulas, fonte de informação que o aluno utiliza e uma questão dissertativa sobre a importância da Química no cotidiano do aluno participante da pesquisa e identificamos respostas adequadas e parcialmente adequadas.

Observou-se que a maioria das questões objetivas e os conceitos de simulação, software aplicativo de simulação foram respondidos de forma satisfatória. No entanto, alguns alunos não conseguiram estabelecer adequada relação entre a Química e sua importância no meio em que vive.

Considera-se, que a maioria dos alunos pesquisados possuíam conhecimentos preexistentes adequados, para que fossem estabelecidas as novas informações sobre

assuntos de Geometria Molecular. De acordo com os estudos de Ausubel, esses conhecimentos prévios podem funcionar como subsunçores dos novos conhecimentos para que possam ser assimilados.

De acordo com a teoria de Ausubel, as respostas apresentadas pelos alunos e categorizadas como parcialmente adequadas tem uma função e uma utilidade na construção do conhecimento e cabe ao professor uma metodologia para auxiliar no processo de construção desse novo conhecimento, e por meio das falhas chegar a respostas adequadas.

Para melhorar a desempenho da aprendizagem em vistas as respostas adequadas, cabe ao professor criar novas situações problemas com o objetivo de provocar desequilíbrios em sua forma de pensar para instiga-los a construir novos patamares cognitivos, com isso a aprendizagem estará sempre em processo de construção.

**b) A aplicação do modelo de ensino mais a simulação digital de moléculas em 3D** constitui-se no momento mais intenso da pesquisa, após a apropriação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Geometria Molecular foi observado que os conceitos sobre teoria do octeto, ligações iônicas, ligações covalentes e forças intermoleculares, subsunçores importantes para ancoragem de conceitos de Geometria Molecular tinham sido assimilados de forma equivocada. Para suprir essa falha, foi necessário o professor pesquisador promover um ciclo de aulas virtuais e síncronas sobre esses conteúdos, objetivando dar mais clareza no entendimento e na compreensão destes, facilitando a aprendizagem do conteúdo químico em questão. Os resultados foram promissores, pois a aula utilizando recurso tecnológico chamou a atenção dos alunos devido a grande quantidade de recursos e interatividade o que mostrou aos alunos uma maior motivação em querer aprender, já que a aula foi conduzida de forma dialógica e participativa onde eles puderam fazer perguntas e tirar dúvidas, sem medo de serem corrigidos.

Nesta etapa foram realizadas também as atividades práticas: simulação digital de moléculas em 3D e exercícios de verificação de aprendizagem. Considerou-se que ambas trouxeram bons resultados para este trabalho. Os alunos estavam empolgados para poder realizar as duas atividades, pois tinham uma noção conceitual do que era simulação, porém não tinham manipulado um simulador computacional numa aula prática participativa. Neste sentido, a execução das atividades por eles foram

incentivadoras, levando-os a colaboração e participação, desenvolvendo o interesse pela disciplina.

A visualização das moléculas em 3D por meio do simulador chamou a atenção dos alunos que procuraram desenhar as estruturas inorgânicas e depois compará-las com os desenhos das figuras das geometrias moleculares observadas nos seus livros didáticos.

Os resultados obtidos destacam a importância do uso de simuladores computacionais no ensino de Geometria Molecular e mostram a viabilidade de uma abordagem que favorece a aprendizagem e a interação dos alunos adaptáveis ao ensino de Química. Destaca-se, ainda, que a estratégia de ensino aplicada favorece a realização, pelo professor, de práticas pedagógicas voltadas para a compreensão de fenômenos químicos com maior controle do processo e orientação direcionada aos objetivos propostos.

O potencial desta abordagem reside na capacidade de promover uma aprendizagem mais aprofundada, já que o aluno irá confirmar a presença dos conceitos subsunçores e do fenômeno estudado em um ambiente simulado, por oposição a aprendizagem mecânica que requer apenas a memorização dos conceitos dados em sala de aula. A aprendizagem é favorecida pela experiência adquirida por meio das ações ou intervenções que o estudante faz no ambiente simulado e pela análise sobre o que se observou. Essa estratégia de ensino favorece a organização e a generalização da experiência e da vivência das situações que induzem a compreensão dos fenômenos químicos por meio de representações do que acontece no mundo microscópico, possibilitando ao aluno novas discussões e trocas de experiências.

A análise das atividades nos permitiu inferir que a simulação computacional enquanto ferramenta educacional foi promissora, pois além da mediação do conhecimento, trouxe para o mundo real toda a dinâmica de formação de uma ligação química até a sua possível orientação geométrica em três dimensões. A atividade de simulação contribuiu para a evolução conceitual e cognitiva dos alunos de forma significativa acerca do fenômeno estudado.

c) Na aplicação do **questionário pós-simulador**, a análise indicou que houve evolução conceitual, no entanto, ainda existem muitas lacunas no conhecimento a serem superadas, muitas dúvidas a serem respondidas e as dificuldades de grandeza conceitual carecem ser trabalhadas continuamente pelos professores para que de

fato, os alunos se apropriem dos conhecimentos científicos e construam novos conhecimentos.

A pesquisa indica a necessidade de mudanças no ensino de Geometria Molecular com atividades que estimulem a estrutura cognitiva do estudante para além da aprendizagem mecânica de conceitos. Atividades com o uso de tecnologias, como as simulações computacionais favorecem a aprendizagem uma vez que é possível estimular e aprimorar a capacidade de raciocínio do estudante, conduzindo assim a tomada de consciência das suas ações, implicando na compreensão dos fenômenos.

Os resultados mostraram que a aprendizagem significativa acontece em ambientes de simulação digital por meio de uma abordagem didático-pedagógica potencialmente significativa pautada na perspectiva ausubeliana usando a simulação computacional de moléculas auxiliada por Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Essa abordagem utilizada contribuiu na construção de novos conceitos relevantes de Geometria Molecular e relacionados com a estrutura cognitiva do aluno de forma não arbitrária e não literal. Os alunos demonstraram interesse e motivação em todas as etapas da pesquisa, fato que pode ser observado pela dedicação e engajamento durante as atividades, promovendo momentos de discussão e aprendizagem durante as aulas. A aprendizagem se deu no sentido de que a simulação digital permitiu que os alunos desenhassem as estruturas moleculares inorgânicas planas em 2D e, com isso, foi possível visualizar os conceitos subsunçores de Geometria Molecular. Também foi possível otimizá-las e visualizá-las em 3D, permitindo, assim, identificar a geometria das moléculas e a compreensão dos fenômenos relacionados a esse conteúdo.

A análise das atividades nos permitiu inferir que a simulação digital, enquanto ferramenta educacional, foi promissora, pois, além de mediar o conhecimento, trouxe para o mundo real a possibilidade de visualização das moléculas em 3D, permitindo fazer o comparativo com modelos moleculares montáveis ou adaptados com materiais de baixo custo para identificação da geometria das moléculas. A atividade com simulação computacional contribuiu para a evolução conceitual e cognitiva dos alunos acerca do fenômeno estudado.

Os resultados obtidos mostram que a simulação digital, enquanto material potencialmente significativo, contribuiu significativamente para a assimilação e compreensão de conceitos químicos relacionados à geometria molecular. Por suas características, interativa, dinâmica e de fácil manipulação, a simulação

computacional despertou a curiosidade e o interesse dos alunos, que se divertiam enquanto aprendiam. O simulador *ACD ChemsSketch Freeware*, versão 2.1, de 2019, se mostrou uma ferramenta bastante eficaz no auxílio a uma aprendizagem significativa sobre Geometria Molecular.

### **LIMITAÇÕES DO TRABALHO:**

As limitações do trabalho estão relacionadas ao fato de que só podem ser aplicadas a estudantes a partir dos 15 aos 17 anos (Ensino Médio) e Ensino Superior.

O *software* tem bastante eficiência quando é aplicado com alunos, a partir do 3º ano do Ensino Médio, que já conheçam ligações químicas (Química Geral e Inorgânica) e estereoquímica (Química Orgânica). No entanto, não podem ser utilizados para outros conteúdos dentro do ensino da Química.

Como é compatível apenas com sistemas operacionais *Microsoft Windows*, trabalhando como barramento de 64-bits, só pode ser utilizado por *desktops*, *laptops* e similares que contenham esse sistema operacional e essa arquitetura.

### **TRABALHOS FUTUROS**

Recomenda-se para trabalhos futuros, o controle de outros parâmetros, não avaliados aqui (uso de *podcasts*, gamificação, sala de aula invertida, dispositivos móveis e ambiente virtual de aprendizagem etc.) e que podem fornecer mais subsídios para analisar o alcance de aprendizagens significativas com a utilização de tecnologias, em situações reais de sala de aula de Química.

Sugere-se também, o uso de um simulador digital de moléculas em 3D, aliado ao uso de TDICs, usando sequências reeditadas de filmes ou com a criação de curtas de animação por meio da simulação computacional como organizadores prévios, seja construído e, assim, possa ser aplicado de forma remota ou presencial.

**REFERÊNCIAS:**

ARAGÃO, R.M.R. de. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel**: Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais. Tese de Doutorado em Ciências (Educação) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

ARAÚJO, A. P. F.; CHAVES, E. V. **A elaboração e o uso de videoaulas no ensino de ciências**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO, 6., 2015, Aracaju. Anais eletrônicos... Aracajú: Universidade Tiradentes, 2015. v. 5, p. 53-57. Disponível em: [www. http://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2015/article/view/193/189](http://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2015/article/view/193/189). Acesso em: 26 de janeiro de 2019.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. New York, 2000.  
AUSUBEL, D. P. **Educational psychology. A cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc. 1968.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B.; NICOL, D. **Discrete-Event System Simulation**. [S.l.]: Prentice Hall. p. 3. 2001.

BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. de M. **Ensino híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edição revista e ampliada. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BASTOS, T.M. **O ensino contextualizado de Química e a busca de uma aprendizagem significativa**. XIV ENEQ. Universidade Federal do Paraná – 21-24 de julho de 2008.

BERNARDO, N. A. R. **A importância da simulação computacional como material potencialmente significativo para o Ensino de Física**. Dissertação de Mestrado Profissional de Física (MNPEF) da UFRPE, 2015.

BIRK, J. P. e KURTZ, M. J. **Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding**. Journal of Chemical Education, v. 76, p. 124-128, 1999.

BOO, H. K. **Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions**. Journal of Research in Science Teaching, v. 35, p. 569- 581, 1998.

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 1999. 394 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2000
- BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144 p.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. (SEMTEC). **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2002.
- CARDOSO, S. H. Utilizando Simulações no Ensino Médico. **Revista Informática Médica**. v. 01, n. 04, jul-ago. Campinas: 1998.
- CARVALHO, L. A. de; FERREIRA DOS SANTOS, S.; PEREIRA OLIVEIRA, L. F.; RIBEIRO GALDINO, M. E. **Tecnologias digitais de informação e comunicação (tdic's) e a sala de aula**. *Humanas & Sociais Aplicadas*, v. 9, n. 26, p. 32-51, 19 dez. 2019.
- CREPPE, C. H. **Ensino de Química Orgânica para deficientes visuais empregando modelo molecular**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências na Educação Básica) – UNIGRANRIO - Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, 2009.
- FARIA, W. de. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo, Ática, 1989.
- FELTRE, R. **Química – volume 1 – Química Geral**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- FERNANDEZ, C; MARCONDES, M. E; Concepções dos estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, v. 24, p. 20-24, 2006.
- FONSECA, M. R. M. da. **Química: Ensino médio – Volume 1**. 2.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Ática, 2016.
- KELTON, W.D.; SADOWSKY, R.P.; SADOWSKY, D.A. **Simulation With Arena**. Second Edition. McGrall-Hill, 1998.
- LEE, J. D. **Química Inorgânica não tão concisa**. Tradução da 5<sup>a</sup>. edição inglesa. Editora Edgard Blucher, 1996.
- MACHADO, A.S. **Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química**. *Química Nova na Escola*. 38. 2016.



MARTINS, M. G.; FREITAS, G. F. G. de; VASCONCELOS, P. H. M. de. A Aprendizagem Significativa de Ausubel e a relação com materiais alternativos na disciplina de Geometria Molecular. **Revista Debates em Educação, Ciência e Tecnologia**, Vitória (ES), vol. 9, n.01, p. 320-345, 2019.

MARTINS, S.O.; SERRÃO, C.R.G.; SILVA, M.D. de B. **O uso de simuladores virtuais na educação básica**: Uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química. *Revista Ciências & Ideias do IFRJ*, vol.11, n.1 – Janeiro/Abril 2020.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**, Brasília, ed. da UnB, 1998.

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

MOREIRA, M. A.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília. 2006.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Cultural La Laguna** Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 08/09/2020.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. . **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 2006.

MORTIMER, E.F.; MOL, G. e DUARTE, L.P. Regra do octeto e teoria da ligação química no Ensino Médio: Dogma ou Ciência? **Química Nova**, v. 17, p. 243-252, 1994.

PARAGON. Arena. 2008. Disponível em: <http://www.paragon.com.br/academico/o-que-e-simulacao/>. Acesso em: 20 mai. 2021.

PAULETTI, F.; ROSA, M.P.A.; CATELLI, F. **a importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química**. *Revista Brasileira de Ensino, Ciência e Tecnologia da UTFPR*, vol.7, n.3, set-dez. 2014.

PEGDEN, C.D., SHANNON, R.E., SADOWSKI, R.P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**, McGraw-Hill, New York, USA. v. 2. 1990.

PELIZZARI, A. et al. **Teoria da Aprendizagem significativa segundo Ausubel**. *Revista PEC*, Curitiba, V.2, n.1, P. 37-42, Julho. 2001 – Julho. 2002.

PEREIRA, A. S. T. & SAMPAIO, F. F. AVITAE: Desenvolvimento de um ambiente de modelagem computacional para o ensino de Biologia. **Revista Interdisciplinar de Estudos da Consignação**. v. 13, out-dez. São Paulo: 2008. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/219>. Acesso em: 13 de abril de 2021.

PETERSON, R.F. e TREAGUST, D.F. **Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure**. Journal of Chemical Education, v. 66, p. 459-460, 1989.

PETERSON, R.F.; TREAGUST, D.F. e GARNETT, P. **Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction**. Journal of Research in Science Teaching, v. 26, p. 301- 314, 1989.

POSADA, J.M. Concepciones de los alumnos sobre El enlace químico antes, durante y después de La enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17 (2), p. 227-245, 1999.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. 3ª. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998.

QUINTINO, C.P.; RIBEIRO, K.D.F. **A utilização de filmes no processo de ensino-aprendizagem de Química no Ensino Médio**. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ da SBQ) – Brasília, DF, Brasil – 21 a 24 de julho de 2010.

RAOTA, F. S. **Simulação computacional de estruturas de nanodiamantes**. Orientador: Prof. Dr. André Luis Martinotto. 2018. 62f. TCC (Graduação) – Curso de Ciência da Computação, Faculdade de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/4767/TCC%20Felipe%20Suliani%20Raota.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 10 set. 2021.

RAUPP, D. T. **Um estudo de caso sobre a compreensão de conceitos químicos mediante visualização de representações computacionais 3D utilizando o referencial de campos conceituais**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2010.

RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. **Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: Uma revisão de literatura publicada**. Química Nova. Vol. 26, nº 4, páginas 542-549, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v26n4/16437.pdf>. Acesso em: 28/05/2020.

RIBEIRO, R. J. **Curta de animação como organizador prévio no ensino da Física**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F. ; LUCIO, M. DEL P. B. **Metodologia de pesquisa [recurso eletrônico]**. Tradução: Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, A.C. da L. dos. **Ensino da Geometria molecular com aplicativo de simulação digital**: Possíveis contribuições para uma aprendizagem significativa. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Educacional e Ensino de Química. PPGQ da Universidade Estadual de Londrina. 2019.

SANTOS, A. L. ; REGIANI, A. M. **Guia prático de utilização do Chems sketch**. Produto Educacional do Mestrado Profissional do Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2016.

SANTOS, D. O.; WARTHA, E. J.; FILHO, J. C. S. Softwares educativos livres para o Ensino de Química: Análise e Categorização. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**. Brasília, DF, 21 a 24 de julho de 2010.

SERRA, I. M. R. S.; ARAUJO. E. F. M. **A EaD chegando ao campo**. Revista Polo Um, São Luís, v. 5, n. 3, p. 8-15, 2014.

SILVA, A. P. M. **Geometria molecular**: elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática envolvendo o lúdico. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Natureza. PPGECN da Universidade Federal Fluminense. 2016.

SOUZA, A. P. R. de. **Quimicana e os mapas conceituais** [livro eletrônico] – 1.ed. – Ananindeua: Itacaiúnas, 2019.

SOUSA, R. P. de; MOITA, F. M. C. da S. C.; CARVALHO, A. B. G. (Organizadores). **Tecnologias digitais na educação** - Campina Grande: EDUEPB, 2011.

SUITS, J. P. & SANGER, M.J. **ACS SYMPOSIUM SERIES 1142. Pedagogic Roles of animations and simulations in Chemistry Courses**. ACS: Washington, DC, 2013.

TABER, K.S. **An alternative conceptual framework from chemistry education**. International Journal of Science Education, v. 20, p. 597-608, 1998.

TOMA, Henrique E. Ligação Química: abordagem Clássica ou Quântica? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 6, p. 131, nov., 1997.

ZAMPIER, L.. **Simulador educacional como ferramentas de apoio em aulas de Ciências**. Campina do Simão, 2016. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2016/2016\\_pdp\\_cien\\_unicentro\\_lucineiazampier.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_cien_unicentro_lucineiazampier.pdf) . Acesso em: 27 jul. 2020.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
APÊNDICES**



**APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA  
PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PAIS OU  
RESPONSÁVEIS LEGAIS**

Caros pais ou responsáveis,

Seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa **“Aprendizagem Potencialmente Significativa de Geometria Molecular por Simulação Digital”**, sob a responsabilidade do professor pesquisador **Antonio Marcos Vilaça Pereira**, a qual pretende investigar a potencialidade da utilização de simuladores digitais, como facilitador da Aprendizagem Significativa de Geometria Molecular no Ensino Médio Regular por meio de uma abordagem teórico-metodológica sobre Geometria Molecular na perspectiva ausubeliana.

O(a) seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a), porque se enquadra dentro do planejamento experimental e dos critérios de inclusão com relação ao público alvo do projeto de pesquisa que são: 20 alunos (entre os sexos masculino e feminino), na faixa etária que varia dos 15 aos 17 anos e por estarem regularmente matriculados na instituição de ensino escolhida (Escola Estadual Dorval Porto), cursando o 1º ano do Ensino Médio.

O(a) Sr(a). tem de plena liberdade de recusar a participação do seu(sua) filho(a) ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o seu currículo escolar, tendo como local da pesquisa, a Escola Estadual Porto, que fica na zona sul da cidade de Manaus, no Bairro do Crespo (Item IV. 3.d, da Res. CNS nº. 466 de 2012).

Caso aceite a participação do(a) seu(sua) filho(a) na pesquisa, esta ocorrerá de forma efetiva e lícita, a partir do momento em que este documento (TCLE) for assinado pelos pais ou responsáveis. Dessa forma conta-se com a participação dos senhores para o envio deste termo devidamente assinado e encaminhado ao e-mail

do professor pesquisador ([amvilacapereira@hotmail.com](mailto:amvilacapereira@hotmail.com)). Posteriormente, este documento será reenviado para os pais ou responsáveis, devidamente assinado pelo professor pesquisador, firmando o compromisso e responsabilidade para com todos os envolvidos.

Também estão assegurados ao(à) Sr.(a) o direito a pedir indenizações e cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, seu filho(a). (Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954; entre outras; e Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 19);

Haverá também o compromisso do professor pesquisador em divulgar os resultados da pesquisa, em formato acessível ao grupo ou população em que foi pesquisada (Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 3º, Inciso IV);

Se julgar necessário, o(a) Sr(a) dispõe de tempo para que possa refletir sobre a participação do seu filho(a), consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida. (Res. 466/2012-CNS, IV.I.c). Vale lembrar que, como estamos em situação de pandemia mundial do novo coronavírus (COVID 19), é necessário, portanto, ter todos os cuidados (medidas de prevenção) segundo a OMS/OPAS, como forma de minimizar a contaminação e disseminação do referido vírus, ou seja, evitar aglomerações (distanciamento físico de no mínimo 1,5 m), uso de máscaras e higienização pessoal e dos objetos utilizados com álcool em gel (70%) ou água e sabão.

Desta forma, em razão da pandemia do novo coronavírus, o ensino presencial está suspenso pela SEDUC AM até o presente momento, havendo a necessidade de aula remota (virtual) para este atual cenário. Em função disso, a interação professor-aluno, bem como uso e aplicação do simulador, avaliações diagnósticas e atividades experimentais serão realizadas em ambiente virtual por meio do aplicativo *Google Meet*, grupo de *Whatsapp* e e-mail dos envolvidos na pesquisa, minimizando, assim, possíveis riscos de contaminação, garantindo a proteção, segurança e os direitos dos participantes de pesquisa. Vale lembrar que, mesmo o aluno estando em ambiente domiciliar, deverá manter as mesmas medidas de prevenção citadas no parágrafo acima.

Para melhor detalhamento de como a pesquisa será realizada pelo aluno(a) participante, temos o seguinte roteiro de participação e execução:

a) Serão utilizados como recursos tecnológicos para aplicação da pesquisa e posterior avaliação da aprendizagem: o computador e o telefone celular;

b) Todas as aulas virtuais que são referentes a esta pesquisa serão realizadas de forma síncrona (ao vivo) com a participação dos alunos por meio de áudio, *chat* e gravadas em sala de videoconferência usando o aplicativo *Google Meet*;

c) De início, os alunos responderão a um questionário de sondagem por meio de formulário (*Google Forms*) disponibilizado no grupo de whatsapp de Química, exclusivo do professor pesquisador e dos alunos(as) participantes da pesquisa;

d) Por meio de reunião virtual do *Google Meet*, os(as) alunos(as) participantes da pesquisa assistirão a 2 trechos reeditados de filmes que fazem elucidação ao tema trabalhado: O professor aloprado (1996/03 minutos e 59 segundos) e O homem sem sombra (2000/06 minutos e 21 segundos). Posteriormente, elaborarão uma resenha e enviarão ao e-mail institucional do professor; o objetivo desta é de estimular o aluno a pensar cientificamente, verificar como funciona sua estrutura cognitiva e, a partir daí, determinar a estrutura conceitual da matéria de ensino, com base nos seus conhecimentos prévios.

e) Após essa etapa, os alunos assistirão a um ciclo de aulas expositivas e dialogadas ministradas via *Google Meet* sobre o conteúdo de ligações químicas e Geometria molecular e responderão ao primeiro questionário diagnóstico (questionário pré-simulador) também por meio de formulário (*Google Forms*) disponibilizado no chat do aplicativo de reunião virtual citado acima;

f) Em seguida, serão disponibilizados, por meio de *Whatsapp*, dois arquivos em formato PDF, constando o seguinte conteúdo: a) Guia prático de utilização do aplicativo *Chemsketch* (SANTOS, 2016) e b) Roteiro para baixar e instalar o aplicativo de simulação molecular e a realização de duas atividades experimentais: uma com o uso do simulador e outra de forma manual com o uso do papel ofício formato A4 e caneta;

g) Para finalizar as atividades da pesquisa para posterior coleta de dados será realizado um questionário pós-simulador, respondido manualmente por meio de download do arquivo em PDF (*Google Docs*) e enviado ao *Google Drive* do professor pesquisador e um novo texto dissertativo (resenha).

Vale mencionar que durante as aulas virtuais e síncronas e atividades realizadas pelo(a) aluno(a) participante, previstas neste roteiro, que o mesmo evite navegar pela internet em sites de conteúdos indesejáveis ou duvidosos, como forma de evitar a exposição a vírus e possíveis ataques de *hackers*, evitando o comprometimento de seus dados pessoais.

É importante também destacar que o(a) participante da pesquisa, em todas as etapas deste roteiro, guarde em seus arquivos uma cópia do documento gerado e que garanta o envio desta via assinada pelo professor pesquisador.

Será solicitada explicitamente autorização dos pais e/ou responsáveis para registro de imagem ou som do(a) participante, em todas as etapas da pesquisa, e como forma de assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros (item II.2.i, Res 466/2012/CNS e Constituição Federal Brasileira de 1988, artigo 5º, incisos V, X e XXVIII).

De acordo com a Resolução CNS nº 510/2016, esse é o meio pelo qual é explicitado o consentimento livre e esclarecido do participante ou de seu responsável legal, sob a forma escrita, sonora, imagética, ou em outras formas que atendam às características da pesquisa e dos participantes, devendo conter informações em linguagem clara e de fácil entendimento para o suficiente esclarecimento sobre a pesquisa (Resolução CNS nº 510/2016, Artigo 15).

Será criada uma pasta individual contendo toda a documentação gerada pela pesquisa decorrente da participação do(a) aluno(a) da pesquisa e enviada individualmente pelo professor pesquisador para os pais e/ou responsáveis por e-mail ou *whatsapp*.

Serão tomadas as seguintes medidas e/ou procedimentos para assegurar a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas ao(a) aluno(a) participante:

a) Apenas os pesquisadores do projeto, que se comprometeram com o dever de sigilo e confidencialidade, terão acesso a seus dados e não farão uso dessas informações para outras finalidades;

b) Qualquer dado que possa identificá-lo(la) será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa;

c) O material coletado será armazenado em local seguro.

A participação neste estudo é voluntária, não haverá nenhuma forma de pagamento pela participação. Os participantes não terão qualquer despesa com a realização dos procedimentos previstos neste estudo, nem custos adicionais com materiais, alimentação e passagens, pois a atividade será feita de forma remota e

ocorrerá no turno e nos dias e tempos de aula em que o aluno teria se fosse aula presencial na escola. Caso haja alguma despesa para seu filho relativa a esta pesquisa com algum material, necessário para a mesma, a mesma será ressarcida conforme previsto no Item IV.3.g, da Resolução CNS nº. 466 de 2012.

Seu filho (a) será esclarecido (a) em qualquer situação que desejar, estará livre para participar ou recusar-se. O (a) Senhor (a) poderá retirar o consentimento ou interromper a participação do seu filho (a) em qualquer momento da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo ou penalidade (item II.24 Res. CNS 466/2012).

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, que podem ser minimizados. Os riscos e desconfortos previstos decorrentes da participação podem ser advindos do constrangimento devido à não compreensão do objetivo e/ou etapas da pesquisa, ou ainda em dificuldades de aprendizagem dos conteúdos químicos.

Em razão da situação pandêmica mundial do novo coronavírus, outros riscos poderão ocorrer nesta pesquisa e são decorrentes das formas de contágio e transmissão da COVID 19 que são: gotículas de saliva, espirro, tosse, catarro, contato pessoal com o próximo, como toque ou aperto de mão e contato com objetos ou superfícies contaminadas, seguido de contato com a boca, nariz ou olhos.

Desta forma, para minimizar a contaminação e possível disseminação do vírus, a pesquisa será realizada de forma virtual e será necessário tomar todos os cuidados (medidas preventivas) já descritas e mencionadas neste TCLE, tais como: evitar aglomerações (distanciamento físico de no mínimo 1,5m), uso de máscaras e higienização pessoal e dos objetos utilizados com solução de álcool em gel (70%) ou água e sabão.

As atividades não envolverão manipulação de substâncias químicas tóxicas ou que possam comprometer a integridade física dos participantes. Mesmo assim, se for detectado algum risco ou tipo de dano à saúde do sujeito participante da pesquisa, conseqüente à mesma, não previsto no termo de consentimento, será garantido que o estudo será suspenso imediatamente. Estão assegurados o direito a indenizações e cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante, conforme resolução CNS nº466 de 2012, IV .3.h, IV.4.c e V.7.

O objetivo principal desta pesquisa é de avaliar se o(a) aluno(a) participante, obteve aprendizagem de forma significativa, com relação ao ensino de Geometria



Molecular, sendo devidamente registradas como parte do projeto, portanto, desta forma, solicitamos também sua autorização para este feito.

A participação na pesquisa contribuirá para entendermos e refletirmos a importância do uso das TDICs e simuladores digitais educacionais para tornar uma aprendizagem mais significativa e dinâmica, neste atual cenário de pandemia, sendo uma alternativa de aprendizagem para evitar riscos de contaminação e disseminação do novo coronavírus, desde que se tomem os devidos cuidados já mencionados e pertinentes neste TCLE. O envolvimento dos alunos em todas as etapas da pesquisa será de suma importância para o desenvolvimento do seu caráter crítico e responsabilidade social.

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: a apresentação do conhecimento químico (Geometria Molecular) mais voltado para sua realidade, bem como a aprendizagem de novas tecnologias, a formação do ponto de vista atitudinal, uma vez que discute tanto os problemas do cotidiano quanto o comportamento do indivíduo perante a sociedade, procedimental por meio das atividades propostas para análise e importância das etapas do conteúdo estudado e conceitual no que se refere ao próprio conhecimento químico. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo.

Será garantido ao (a) seu(sua) filho(a), e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente (o ressarcimento será feito por meio de transferência a conta corrente/poupança dos pais e/ou responsáveis). (Item IV.3.g, da Res. CNS nº. 466 de 2012). E (Resolução CNS nº 466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7)

É assegurado ao(a) seu(sua) filho(a), o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo, pelo tempo que for necessário. (Itens II.3.1 e II.3.2, da Resolução CNS nº. 466 de 2012)

Garantimos ao(à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade da participação do seu filho(a) e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica (Item IV.3.e, da Resolução CNS nº. 466 de 2012).

Para qualquer informação, o (a) Sr. (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores no endereço: **Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências**

**e Matemática, localizado no Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 6200 – Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Coroado I. CEP: 69077-00. Manaus – Amazonas – Brasil**, pelo telefone **(92) 3305 2872**, ou através dos pesquisadores, Antonio Marcos Vilaça Pereira - Pós-Graduando – PPGECIM/UFAM (92) 99310-1660, Rua 5 de Fevereiro, nº 629, Betânia. José Luiz de Souza Pio, Instituto de Computação (ICOMP/UFAM), (92) 3305-1193, e-mail [zecapio@gmail.com](mailto:zecapio@gmail.com) ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, 3305-1181, ramal 2004, email: [cep.ufam@gmail.com](mailto:cep.ufam@gmail.com). Vale ressaltar que o CEP é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas VIAS originais: sendo que uma disponibilizada para o (a) responsável do participante da pesquisa, e a outra será arquivada pelo pesquisador, conforme (item IV.3.f, IV.5.d, Res. 466/12).

## CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, ....., li as informações acima, recebi explicações sobre a natureza, riscos e benefícios do projeto. Autorizo a participação do meu filho (a) uma vez que este é menor de 18 anos de idade e compreendo que posso retirar o consentimento e interrompê-lo a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos. Uma VIA deste termo me foi disponibilizada, e a outra para o professor pesquisador, (item IV.3.f, IV.5.d, Res. 466/12).

Manaus \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

\_\_\_\_\_  
**Assinatura do Responsável do Participante**

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Professor Pesquisador  
**Professor Antonio Marcos Vilaça Pereira**

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Orientador  
**Prof. Dr. José Luiz de Souza Pio**



Impressão do dedo polegar  
do responsável. Caso não  
saiba assinar



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**



**APÊNDICE B- TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)**

**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Caro aluno(a),

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa **“Aprendizagem Potencialmente Significativa de Geometria Molecular por Simulação Digital”**, sob a responsabilidade do professor pesquisador(a) **Antonio Marcos Vilaça Pereira**, a qual pretende investigar a potencialidade da utilização de simuladores digitais, como facilitador da Aprendizagem Significativa de Geometria Molecular no Ensino Médio Regular por meio de uma abordagem teórico-metodológica sobre Geometria Molecular na perspectiva ausubeliana.

O seu perfil se enquadra dentro do planejamento experimental e dos critérios de inclusão com relação ao público alvo do projeto de pesquisa que são: 20 alunos (entre os sexos masculino e feminino), onde a faixa etária varia dos 15 aos 17 anos e estarem regularmente matriculados na Escola Estadual Dorval Porto (instituição de ensino escolhida) que fica situada na zona sul da cidade de Manaus no Bairro do Crespo e cursando o 1º ano do Ensino Médio. (Item IV.3.d, da Res. CNS nº. 466 de 2012).

O(a) aluno(a) participante tem de plena liberdade de recusar a sua participação ou retirar seu assentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o seu currículo escolar.

Caso deseje participar da pesquisa, esta participação ocorrerá de forma efetiva e lícita, a partir do momento que o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e o termo de assentimento forem assinados respectivamente pelos pais ou responsáveis e pelo próprio aluno. Dessa forma conta-se com a participação dos senhores para o envio destes termos devidamente assinados e encaminhados ao e-mail do professor pesquisador ([amvilacapereira@hotmail.com](mailto:amvilacapereira@hotmail.com)). Posteriormente, estes documentos serão reenviados para os pais ou responsáveis, devidamente assinados

pelo professor pesquisador, firmando o compromisso e responsabilidade para com todos os envolvidos.

Haverá também o compromisso do professor pesquisador em divulgar os resultados da pesquisa, em formato acessível ao grupo ou população em que foi pesquisada (Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 3º, Inciso IV);

Em razão da pandemia do novo coronavírus, o ensino presencial está suspenso pela SEDUC AM até o presente momento, havendo a necessidade de aula remota (virtual) para este atual cenário. Em função disso, a interação professor-aluno, bem como uso e aplicação do simulador, avaliações diagnósticas e atividades experimentais serão realizadas em ambiente virtual por meio do aplicativo Google Meet, grupo de Whatsapp e e-mail dos envolvidos na pesquisa), minimizando assim, possíveis riscos de contaminação, garantindo a proteção, segurança e os direitos dos participantes de pesquisa. Vale lembrar que mesmo o(a) aluno(a), estando em ambiente domiciliar, deverá manter os mesmos cuidados (medidas de prevenção) segundo a OMS/OPAS, como forma de minimizar a contaminação e disseminação do referido vírus, ou seja, evitar aglomerações (distanciamento físico de no mínimo 1,5 m), uso de máscaras e higienização pessoal e dos objetos utilizados com álcool em gel (70%) ou água e sabão.

Para melhor detalhamento de como a pesquisa será realizada pelo aluno(a) participante, temos o seguinte roteiro de participação e execução:

a) Serão utilizados como recursos tecnológicos para aplicação da pesquisa e posterior avaliação da aprendizagem: o computador e o telefone celular;

b) Todas as aulas virtuais que são referentes a esta pesquisa, serão realizadas de forma síncrona (ao vivo) com a participação dos alunos por meio de áudio, chat e gravadas em sala de videoconferência usando o aplicativo Google Meet;

c) De início, os alunos responderão a um questionário de sondagem por meio de formulário (Google Forms) disponibilizado no grupo de whatsapp de Química, exclusivo do professor pesquisador e dos alunos(as) participantes da pesquisa;

d) Por meio de reunião virtual do Google Meet, os(as) alunos(as) participantes da pesquisa, assistirão a 2 trechos reeditados de filmes que fazem elucidação ao tema trabalhado: O professor aloprado (1996/03 minutos e 59 segundos) e o homem sem sombra (2000/06 minutos e 21 segundos), posteriormente, elaborarão uma resenha e enviarão ao e-mail institucional do professor, o objetivo desta é de estimular o aluno a pensar cientificamente, verificar como funciona sua estrutura

cognitiva e a partir daí, determinar a estrutura conceitual da matéria de ensino, com base nos seus conhecimentos prévios.

e) Após essa etapa, os alunos assistirão, um ciclo de aulas expositivas e dialogadas ministradas via Google Meet sobre o conteúdo de ligações químicas e Geometria molecular e responderão ao primeiro questionário diagnóstico (questionário pré-simulador) também por meio de formulário (Google Forms) disponibilizado no chat do aplicativo de reunião virtual citado acima;

f) Em seguida, serão disponibilizados por meio de Whatsapp, dois arquivos em formato PDF, constando o seguinte conteúdo: a) Guia prático de utilização do aplicativo ChemsSketch. (SANTOS,2016) e b) Roteiro para baixar e instalar o aplicativo de simulação molecular e a realização de duas atividades experimentais: uma com o uso do simulador e outra de forma manual com o uso do papel ofício formato A4 e caneta;

g) Para finalizar as atividades da pesquisa para posterior coleta de dados serão realizadas: Um questionário pós-simulador, respondido manualmente por meio de download do arquivo em PDF (Google Docs) e enviado ao Google Drive do professor pesquisador e um novo texto dissertativo (resenha);

Em todas as etapas de participação e execução desta pesquisa, os alunos participantes, deverão adotar os cuidados (medidas de prevenção) referentes a exposição ao novo coronavírus, como forma de minimizar a contaminação e disseminação, tais como: evitar aglomerações (distanciamento físico de no mínimo 1,5 m), uso de máscaras e higienização pessoal e dos objetos utilizados com álcool em gel (70%) ou água e sabão.

Vale mencionar que durante as aulas virtuais e síncronas e atividades realizadas pelo(a) aluno(a) participante, previstas neste roteiro, que o mesmo evite navegar pela internet em sites de conteúdos indesejáveis ou duvidosos, como forma de evitar a exposição a vírus e possíveis ataques de hackers, evitando o comprometimento de seus dados pessoais.

É importante também destacar que o(a) aluno (a) participante da pesquisa em todas as etapas deste roteiro, guarde em seus arquivos uma cópia do documento gerado e que garanta o envio desta via assinada pelo professor pesquisador.

Será solicitado explicitamente autorização dos seus pais e/ou responsáveis para registro de imagem ou som do(a) participante, em todas as etapas da pesquisa, e como forma de assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da

imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros (item II.2.i, Res 466/2012/CNS e Constituição Federal Brasileira de 1988, artigo 5º, incisos V, X e XXVIII);

De acordo com a Resolução CNS nº 510/2016, esse é o meio pelo qual é explicitado o consentimento livre e esclarecido do participante ou de seu responsável legal, sob a forma escrita, sonora, imagética, ou em outras formas que atendam às características da pesquisa e dos participantes, devendo conter informações em linguagem clara e de fácil entendimento para o suficiente esclarecimento sobre a pesquisa (Resolução CNS nº 510/2016, Artigo 15)

Será criada uma pasta individual contendo toda a documentação gerada pela pesquisa decorrente da participação do(a) aluno(a) da pesquisa e enviada individualmente pelo professor pesquisador para os pais e/ou responsáveis por e-mail ou whatsapp.

Serão tomadas as seguintes medidas e/ou procedimentos para assegurar a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas ao(a) aluno(a) participante:

a) Apenas os pesquisadores do projeto, que se comprometeram com o dever de sigilo e confidencialidade terão acesso a seus dados e não farão uso destas informações para outras finalidades;

b) Qualquer dado que possa identificá-lo(la) será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa;

c) O material coletado será armazenado em local seguro;

A participação neste estudo é voluntária, não haverá nenhuma forma de pagamento pela participação. Os participantes não terão qualquer despesa com a realização dos procedimentos previstos neste estudo, nem custos adicionais com materiais, alimentação e passagens, pois a atividade será feita de forma remota (virtual) e ocorrerá no turno e nos dias e tempos de aula em que o aluno teria se fosse aula presencial na escola. Caso haja alguma despesa relativa a esta pesquisa com algum material, o ressarcimento ocorrerá conforme o previsto no Item IV.3.g, da Resolução CNS nº. 466 de 2012.

Será esclarecido (a) em qualquer situação que desejar, que o aluno(a) estará livre para participar ou recusar-se. Os pais e/ou responsáveis poderão retirar o

consentimento ou assentimento e interromper a participação do seu filho (a) em qualquer momento da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo ou penalidade (item II.24 Res. CNS 466/2012).

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, que podem ser minimizados. Os riscos e desconfortos previstos decorrentes da participação podem ser advindos do constrangimento devido a não compreensão do objetivo e/ou etapas da pesquisa, ou ainda em dificuldades de aprendizagem dos conteúdos químicos.

Em razão da situação pandêmica mundial do novo coronavírus, outros riscos poderão ocorrer nesta pesquisa e são decorrentes das formas de contágio e transmissão da COVID 19 que são: gotículas de saliva, espirro, tosse, catarro, contato pessoal com o próximo, como toque ou aperto de mão e contato com objetos ou superfícies contaminadas, seguido de contato com a boca, nariz ou olhos.

Desta forma, para minimizar a contaminação e possível disseminação do vírus, a pesquisa será realizada de forma virtual e será necessário tomar todos os cuidados (medidas preventivas) já descritas e mencionadas neste termo de assentimento, tais como: evitar aglomerações (distanciamento físico de no mínimo 1,5m), uso de máscaras e higienização pessoal e dos objetos utilizados com solução de álcool em gel (70%) ou água e sabão.

As atividades não envolverão manipulação de substâncias químicas tóxicas ou que possam comprometer a integridade física dos participantes. Mesmo assim, se for detectado algum risco ou tipo de dano à saúde do sujeito participante da pesquisa, consequente à mesma, não previsto no termo de consentimento, será garantido que o estudo será suspenso imediatamente. Estão assegurados o direito a indenizações e cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante, conforme resolução CNS nº466 de 2012, IV .3.h, IV.4.c e V.7.

O objetivo principal desta pesquisa é de avaliar se o(a) aluno(a) participante, obteve aprendizagem de forma significativa, com relação ao ensino de Geometria Molecular, sendo devidamente registradas como parte do projeto, portanto, desta forma, solicitamos também sua autorização para este feito.

A participação na pesquisa contribuirá para entendermos e refletirmos a importância do uso das TDICs e simuladores digitais educacionais para tornar uma aprendizagem mais significativa e dinâmica, neste atual cenário de pandemia, sendo uma alternativa de aprendizagem para evitar riscos de contaminação e disseminação



do novo coronavírus, desde que se tome os devidos cuidados já mencionados e pertinentes neste termo de assentimento. O envolvimento dos alunos em todas as etapas da pesquisa, será de suma importância para o desenvolvimento do seu caráter crítico e responsabilidade social.

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: a apresentação do conhecimento químico (Geometria Molecular) mais voltado para sua realidade, bem como a aprendizagem de novas tecnologias, a formação do ponto de vista atitudinal, uma vez que discute tanto os problemas do cotidiano quanto o comportamento do indivíduo perante a sociedade, procedimental por meio das atividades propostas para análise e importância das etapas do conteúdo estudado e conceitual no que se refere ao próprio conhecimento químico. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo.

Será garantido ao (a) seu(sua) filho(a), e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente (o ressarcimento será feito por meio de transferência a conta corrente/poupança dos pais e/ou responsáveis (Item IV.3.g, da Res. CNS nº. 466 de 2012). E (Resolução CNS nº 466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7).

É assegurado ao(a) seu(sua) filho(a), o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo, pelo tempo que for necessário. (Itens II.3.1 e II.3.2, da Resolução CNS nº. 466 de 2012)

Garantimos ao(à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade da participação do seu filho(a) e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica (Item IV.3.e, da Resolução CNS nº. 466 de 2012).

Para qualquer informação, o (a) Sr. (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores no endereço: **Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, localizado no Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 6200 – Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Coroado I. CEP: 69077-00. Manaus – Amazonas – Brasil**, pelo telefone **(92) 3305 2872**, ou através dos pesquisadores, Antonio Marcos Vilaça Pereira - Pós-Graduando – PPGECIM/UFAM (92) 99310-1660, Rua 5 de Fevereiro, nº

629, Betânia. José Luiz de Souza Pio, Instituto de Computação (ICOMP/UFAM), (92) 3305-1193, e-mail zecapio@gmail.com ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, 3305-1181, ramal 2004, email: cep.ufam@gmail.com. Vale ressaltar que o CEP é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas VIAS originais: sendo que uma disponibilizada para o (a) responsável do participante da pesquisa, e a outra será arquivada pelo pesquisador, conforme (item IV.3.f, IV.5.d, Res. 466/12).

**ASSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO:**

Eu, ....., li as informações acima, recebi explicações sobre a natureza, riscos e benefícios do projeto, fui informado (a) dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara, detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que, uma vez que sou menor de 18 anos de idade, a qualquer momento poderei solicitar informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Uma VIA deste termo me foi disponibilizada, e a outra para o pesquisador, (item IV.3.f, IV.5.d, Res. 466/12).

Manaus, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

**Assinatura do Participante**

---

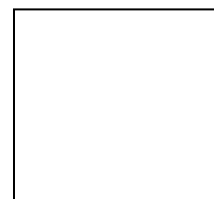
**Assinatura do Pesquisador**

Professor Antonio Marcos Vilaça Pereira

---

**Assinatura do Orientador**

Professor Dr. José Luiz de Souza Pio



Impressão do dedo  
polegar do Participante.  
Caso não saiba assinar.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE SONDAEM**

**ESCOLA ESTADUAL DORVAL PORTO – MANAUS/AM  
PROFESSOR PESQUISADOR: ANTONIO MARCOS VILAÇA PEREIRA**

**Este questionário tem como objetivo:**

- . Identificar os principais recursos didáticos utilizados pelo professor e reconhecidos pelos alunos participantes da pesquisa;
- . Definir o que é simulação e software aplicativo de simulação;
- . Identificar dificuldades encontradas pelos alunos na aprendizagem de Química, além da proposta do uso de simulação digital educacional nas aulas e fontes de informação que mais o aluno utiliza.

**Questionário de Sondagem**

1. Aluno(a) participante:	2. Idade:	3. Sexo	( ) M	( ) F
<p><b>4. Na sua opinião, qual(is) são os principais recursos didáticos que facilitam a aprendizagem nas aulas de Química?</b></p> <p>( ) Quadro branco, apagador e pincel pilot.</p> <p>( ) Datashow.</p> <p>( ) Tabela periódica.</p> <p>( ) Experiências.</p> <p>( ) Revistas, jornais, livro didático e apostilas.</p> <p>( ) Todas as alternativas.</p>				
<p><b>5. Na sua opinião, o que é simulação?</b></p> <p>( ) Consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente qualquer tipo de operação ou processo do mundo real, ou seja, é o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos.</p> <p>( ) É um processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.</p> <p>( ) É o processo de projetar e criar um modelo em um computador de um sistema real ou proposto para o propósito de conduzir experimentos numéricos para nos dar uma melhor compreensão do comportamento de um dado sistema dada uma série de condições.</p> <p>( ) Todas estão corretas.</p>				
<p><b>6. Na sua opinião, o que é um software aplicativo?</b></p> <p>( ) É um jogo com estratégias e finalidades.</p> <p>( ) São programas de computador de baixo nível que interagem com o computador num nível muito básico.</p> <p>( ) É um software que permite ao utilizador realizar uma tarefa específica.</p> <p>( ) Todas as alternativas estão corretas.</p>				
<p><b>7. Na sua opinião, o que é um software aplicativo de simulação?</b></p> <p>( ) É um software baseado no processo de modelagem de um fenômeno real com um conjunto de fórmulas matemáticas.</p> <p>( ) É, essencialmente, um programa que permite ao usuário observar uma operação por meio de simulação</p>				

sem realmente realizar essa operação.

( ) É um software que simula outros sistemas com propósitos de pesquisa, treinamento e até mesmo entretenimento.

( ) Todas estão corretas.

8. São exemplos de aplicativo:

( ) Um processador de texto.

( ) Uma planilha eletrônica.

( ) Um aplicativo de Química.

( ) Um navegador web.

( ) Um cliente de e-mail.

( ) Um reprodutor de mídia.

( ) Um visualizador de arquivos.

( ) Um simulador digital de moléculas.

( ) Um editor de fotos.

( ) Todas as alternativas estão corretas.

9. Na sua opinião, quais são suas principais dificuldades encontradas no aprendizado na disciplina de Química?

( ) A dinâmica utilizada na aula expositiva pelo professor em sala de aula.

( ) Os recursos didáticos empregados durante as aulas.

( ) A relação professor-aluno.

( ) Todas as citadas acima.

10. Na sua opinião, quais seriam as principais dificuldades que o(a) aluno(a) poderia encontrar na aplicação de um simulador digital educacional em sua turma?

( ) Excesso de alunos em sala de aula.

( ) Espaço físico inadequado.

( ) Tempo insuficiente para conclusão das experiências.

( ) Computadores insuficientes para os alunos participantes da pesquisa.

( ) Todas as alternativas estão corretas.

11. Qual(is) são as suas fontes de informação?

( ) Revista em Geral.

( ) Redes Sociais.

( ) Através de pessoas.

( ) Jornal Escrito.

( ) Livros.

( ) Internet.

( ) TV/Jornal.

( ) Blogs.

( ) Todas as citadas acima.

( ) Não sou muito ligado em informações.

12. Na sua opinião, qual a importância da Química no seu cotidiano?

---

---

---

**Obrigado pela participação!!**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APÊNDICE D - DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL DA MATÉRIA DE ENSINO**

**DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL DA MATÉRIA DE ENSINO**

Baseado nas duas sequências reeditadas dos filmes “O professor aloprado (1996/03 minutos e 59 segundos) e “O homem sem sombra” (2000/06 minutos e 21 segundos), responda as seguintes questões dissertativas:

1) O que você percebe que aconteceu para os personagens “Professor Sherman Klump” e “Sebastian Caine” respectivamente, emagrecer e ficar invisível?

---

---

---

---

2) Como você percebe a importância da Geometria Molecular nas duas sequências reeditadas de filmes? Explique.

---

---

---

---

3) Para você qual a relação entre a simulação em 3D e a geometria molecular?

---

---

---

---

4) Para você, quais os benefícios que podem ser direcionados a saúde, por meio da pesquisa que envolve manipulação e visualização de moléculas em 3D?

---

---

---

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS/PRÉ-SIMULADOR**

ESCOLA ESTADUAL DORVAL PORTO – MANAUS/AM  
PROFESSOR PESQUISADOR: ANTONIO MARCOS VILAÇA PEREIRA  
NOME DO ALUNO(A): \_\_\_\_\_ SÉRIE: 1º ANO DO ENSINO MÉDIO  
DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Atenção:**

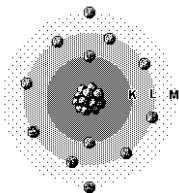
Esta atividade tem como finalidade avaliativa direcionada a pesquisa no Ensino de Química, servindo também de apoio e revisão do assunto de interações interatômicas

**QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS/ PRÉ-SIMULADOR**

1) (UERJ/1998) Apesar da posição contrária de alguns ortodontistas, está sendo lançada no mercado internacional a "chupeta anticárie". Ela contém flúor, um já consagrado agente anticáries, e xilitol, um açúcar que não provoca cárie e estimula a sucção pelo bebê. Considerando que o flúor utilizado para esse fim aparece na forma de fluoreto de sódio, a ligação química existente entre o sódio e o flúor é denominada:

- (a) iônica      (b) metálica      (c) dipolo-dipolo      (d) covalente apolar      (e) covalente polar

2) (UERJ/2001) A figura abaixo representa o átomo de um elemento químico, de acordo com modelo de Bohr.

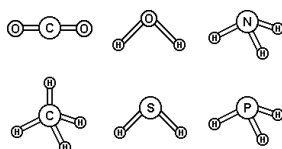


Para adquirir estabilidade, um átomo do elemento representado pela figura deverá efetuar ligação química com um único átomo de outro elemento, cujo símbolo é:

- (a) C      (b) F      (c) P      (d) S      (e) Xe

(HARTWIG, D. R. e outros. "Química geral e inorgânica." São Paulo. Scipione, 1999)

3) (FGV/2005) O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias como odor, sabor, coloração e solubilidade. As figuras apresentam as estruturas das moléculas CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S e PH<sub>3</sub>.



Quanto às forças intermoleculares, a molécula que forma ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) com a água é:

- (a) H<sub>2</sub>S.      (b) CH<sub>4</sub>.      (c) NH<sub>3</sub>.      (d) PH<sub>3</sub>.      (e) CO<sub>2</sub>.

4) Sabe-se que a atmosfera do nosso planeta é composta por uma mistura gasosa que apresenta, por exemplo, os gases CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>. As moléculas desses gases, respectivamente, apresentam quais geometrias moleculares?

- (a) Tetraédrica, Trigonal, Linear e Trigonal.      (b) Trigonal, Angular, Angular e Tetraédrica.  
(c) Trigonal, Linear, Tetraédrica e Angular.      (d) Tetraédrica, Angular, Linear e Trigonal.  
(e) Trigonal, trigonal, linear, tetraédrica

5) O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás essencial no globo terrestre. Sem a presença desse gás, o globo seria gelado e vazio. Porém, quando ele é inalado em concentração superior a 10%, pode levar o indivíduo à morte por asfixia. Esse gás apresenta em sua molécula um número de ligações covalentes igual a:

- (a) 0      (b) 1      (c) 2      (d) 3      (e) 4

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APÊNDICE F – ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM O USO DO SIMULADOR E  
EXERCÍCIO DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM**

**ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM O USO DO SIMULADOR E EXERCÍCIO DE  
VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM**

1) Ler a apostila com o manual “Guia Prático de Utilização do Chems sketch” (SANTOS, 2016) disponibilizado no grupo de Whatsapp de Química do professor pesquisador e alunos participantes da pesquisa.

2) Baixar e instalar o aplicativo ACD Chems sketch Freeware Versão 2.1, versão 2019, disponível pelo link:

<https://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/index.php>,

no seu computador ou smartphone

**Observação:** Baixar a versão Freeware Gratuito para uso pessoal e acadêmico.

3) Siga o roteiro abaixo para realizar esta atividade:

3.1) Usando a janela structure do ACD/3D viewer do aplicativo Chems sketch referido na questão 2, desenhar a estruturas inorgânicas (fórmulas estruturais) em 2D, copiar para 3D, visualizar e otimizar em 3D e dar o nome das seguintes moléculas e suas respectivas geometrias moleculares, obedecendo aos seguintes critérios:

**Gênero masculino:**

a) CO<sub>2</sub> b) CH<sub>4</sub> c) NH<sub>3</sub> d) BF<sub>3</sub> e) H<sub>2</sub>S f) PCl<sub>5</sub> g) SF<sub>6</sub>

**Gênero feminino:**

a) CS<sub>2</sub> b) SiH<sub>4</sub> c) PH<sub>3</sub> d) SO<sub>3</sub> e) H<sub>2</sub>O f) PCl<sub>5</sub> g) SF<sub>6</sub>

3.2) Salvar e enviar por meio de foto, a geometria das 7 moléculas geradas em 3D pelo simulador para o nº de telefone privado (whatsapp) do professor pesquisador ou por computador para o seguinte e-mail: [amvilacapereira@hotmail.com](mailto:amvilacapereira@hotmail.com).

4) Usando a teoria do octeto e a fórmula eletrônica das moléculas descritas na atividade 3.1, dizer quantos pares de elétrons ligantes e não ligantes existe em cada molécula acima. Observação: Essa atividade será feita no papel ofício, identificando com o nome do aluno (a) e enviado para o nº de telefone privado (whatsapp) do professor pesquisador ou por computador para o seguinte e-mail: [amvilacapereira@hotmail.com](mailto:amvilacapereira@hotmail.com).



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**APENDICE G – QUESTIONÁRIO PÓS-SIMULADOR**

ESCOLA ESTADUAL DORVAL PORTO – MANAUS/AM  
PROFESSOR PESQUISADOR: ANTONIO MARCOS VILAÇA PEREIRA  
NOME DO ALUNO(A): \_\_\_\_\_ SÉRIE: 1º ANO DO ENSINO MÉDIO  
DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Atenção:**

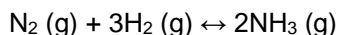
Esta atividade tem como finalidade avaliativa direcionada a pesquisa no Ensino de Química, servindo também como exercício de verificação de aprendizagem sobre o tema Geometria Molecular, cuja abordagem anterior foi realizada sem o uso do simulador.

**Observação:** Na última folha deste questionário, existe uma tabela periódica atualizada para suporte nas questões.

**QUESTIONÁRIO PÓS-SIMULADOR**

1) A amônia é um gás incolor, que apresenta um cheiro irritante e se encontra presente em uma mistura denominada **inalador de amônia**, utilizada para restabelecer pessoas que desmaiaram

A **amônia** é produzida industrialmente, conforme a reação química a seguir:



Baseado no que você já viu e aprendeu sobre o modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, a partir das aulas virtuais e síncronas e na atividade experimental usando simulação digital em 3D de moléculas inorgânicas usando o aplicativo ACD ChemsSketch Freeware 2.1, versão 2019. Desenhe as fórmulas eletrônica e estrutural e diga qual o tipo de geometria do gás nitrogênio (N<sub>2</sub>), gás hidrogênio (H<sub>2</sub>) e do gás amônia (NH<sub>3</sub>).

2) (UFRGS-RS) O modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência estabelece que a configuração eletrônica dos elementos que constituem uma molécula é responsável pela sua geometria molecular. Relacione as moléculas com as respectivas geometrias e desenhe-as:

Dados: números atômicos: H ( $Z = 1$ ), C ( $Z = 6$ ), N ( $Z = 7$ ), O ( $Z = 8$ ), S ( $Z = 16$ )

Coluna I - Geometria molecular

- 1 - Linear
- 2 - Quadrada
- 3 - Trigonal plana
- 4 - Angular
- 5 - Pirâmide trigonal
- 6 - Bipirâmide trigonal

Coluna II - Moléculas

- ( )  $\text{SO}_3$
- ( )  $\text{NH}_3$
- ( )  $\text{CO}_2$
- ( )  $\text{SO}_2$

3) A Teoria de Repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência afirma que "Ao redor do átomo central, pares eletrônicos ligantes e não-ligantes, se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível".

De acordo com essa teoria, quais são fórmulas estruturais e eletrônicas que são esperadas para as moléculas do hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), penta-hidreto de fósforo ( $\text{PH}_5$ ) e do silano ( $\text{SiH}_4$ ), respectivamente? Explique também o motivo de cada molécula ter determinada geometria molecular.

Dados: Número atômicos H ( $Z = 1$ ); F ( $Z = 9$ ); Si ( $Z=14$ ); P ( $Z=15$ ); S ( $Z=16$ )

4) Desenhe a geometria das moléculas abaixo e explique baseado nas aulas virtuais e síncronas sobre geometria molecular e polaridade das moléculas, o que elas têm em comum?

Compare:

a)  $\text{BCl}_3$  e  $\text{CH}_4$

b)  $\text{HCl}$  e  $\text{H}_2\text{S}$


c)  $\text{SiH}_4$  e  $\text{PH}_3$

d)  $\text{SF}_6$  e  $\text{BrF}_5$

5) Com base em todo o conteúdo visto nas aulas virtuais e síncronas, inclusive na aplicação do simulador ACD/Chemsketch Freeware 2.1, versão 2019 para visualização em 3D. Se uma molécula apresentar 6 átomos, em que um deles é o átomo central, qual será a sua geometria molecular esperada mais comum? Desenhe e explique.

# Tabela periódica

3 — número atômico  
Li — símbolo químico  
lítio — nome  
6,94 — peso atômico (massa atômica relativa)



1	2											13	14	15	16	17	18
H hidrogênio 1,008												B boro 10,81	C carbono 12,011	N nitrogênio 14,007	O oxigênio 15,999	F flúor 18,998	Ne neônio 20,180
3	4											13	14	15	16	17	18
Li lítio 6,94	Be berílio 9,0122											Al alumínio 26,982	Si silício 28,085	P fósforo 30,974	S enxofre 32,06	Cl cloro 35,45	Ar argônio 39,95
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Na sódio 22,990	Mg magnésio 24,305											Al alumínio 26,982	Si silício 28,085	P fósforo 30,974	S enxofre 32,06	Cl cloro 35,45	Ar argônio 39,95
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K potássio 39,098	Ca cálcio 40,078(4)	Sc escândio 44,956	Ti titânio 47,867	V vanádio 50,942	Cr cromo 51,996	Mn manganês 54,938	Fe ferro 55,845(2)	Co cobalto 58,933	Ni níquel 58,693	Cu cobre 63,546(3)	Zn zinco 65,38(2)	Ga gálio 69,723	Ge germânio 72,630(8)	As arsênio 74,922	Se selênio 78,971(8)	Br bromo 79,904	Kr criptônio 83,798(2)
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb rubídio 85,468	Sr estrôncio 87,62	Y ítrio 88,906	Zr zircônio 91,224(2)	Nb nióbio 92,906	Mo molibdênio 95,95	Tc tecnécio	Ru rutênio 101,07(2)	Rh ródio 102,91	Pd paládio 106,42	Ag prata 107,87	Cd cádmio 112,41	In índio 114,82	Sn estanho 118,71	Sb antimônio 121,76	Te telúrio 127,60(3)	I iodo 126,90	Xe xenônio 131,29
55	56	57 a 71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs césio 132,91	Ba bário 137,33		Hf háfnio 178,486(6)	Ta tântalo 180,95	W tungstênio 183,84	Re rênio 186,21	Os osmio 190,23(3)	Ir íridio 192,22	Pt platina 195,08	Au ouro 196,97	Hg mercúrio 200,59	Tl talho 204,38	Pb chumbo 207,2	Bi bismuto 208,98	Po polônio	At astato	Rn radônio
87	88	89 a 103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr frâncio	Ra rádio		Rf rutherfordío	Db dubnio	Sg seabúrgio	Bh bohrio	Hs hássio	Mt meitnério	Ds darmstádio	Rg roentgênio	Cn copernício	Nh nihônio	Fl fleróvio	Mc moscóvio	Lv livermório	Ts tennesso	Og oganessônio
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
La lantânio 138,91	Ce cério 140,12	Pr praseodímio 140,91	Nd neodímio 144,24	Pm promécio	Sm samário 150,36(2)	Eu europio 151,96	Gd gadolínio 157,25(3)	Tb térbio 158,93	Dy disprósio 162,50	Ho hólio 164,93	Er érbio 167,26	Tm tulio 168,93	Yb itérbio 173,05	Lu lutécio 174,97			
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
Ac actínio	Th tório 232,04	Pa protactínio 231,04	U urânio 238,03	Np neptúnio	Pu plutônio	Am américio	Cm cúrio	Bk berquélio	Cf califórnio	Es einstênio	Fm fêrmio	Md mendelévio	No nobélio	Lr laurêncio			

[www.tabelaperiodica.org](http://www.tabelaperiodica.org)

Licença de uso Creative Commons BY-NC-SA 4.0 - Use somente para fins educacionais  
 Caso encontre algum erro favor avisar pelo mail [luisbrudna@gmail.com](mailto:luisbrudna@gmail.com)

Versão IUPAC/SBQ (pt-br) com 5 algarismos significativos, baseada em DOI:10.1515/iupac-2015-0305 - atualizada em 06 de março de 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**ANEXOS**

**ANEXO A – TERMO DE ANUÊNCIA APRESENTADO À INSTITUIÇÃO DE  
REALIZAÇÃO DA PESQUISA**

**Termo de Anuência**

A **Escola Estadual Dorval Porto** da Secretaria de Estado da Educação e Qualidade do Ensino (SEDUC-AM) declara apoio à realização do projeto intitulado: **“APRENDIZAGEM POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE GEOMETRIA MOLECULAR POR SIMULAÇÃO DIGITAL”**, sob responsabilidade do(a) pesquisador **Antonio Marcos Vilaça Pereira – Pós-graduando – PPGECIM/UFAM**.

Ciente dos objetivos, dos procedimentos metodológicos e de sua responsabilidade como pesquisador da referida instituição Proponente/Coparticipante, concedemos a anuência para o seu desenvolvimento.

**Manaus, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**

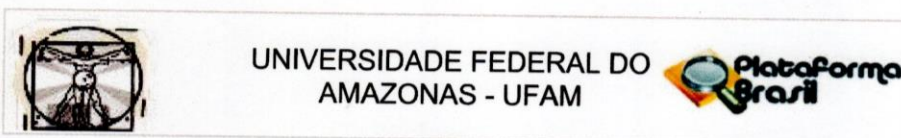
---

**Assinatura e carimbo do Gestor(a) da Instituição**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO DE GEOMETRIA MOLECULAR POR SIMULAÇÃO DIGITAL

**Pesquisador:** Antonio Marcos Vilaça Pereira

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 45160621.1.0000.5020

**Instituição Proponente:** Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.722.837

**Apresentação do Projeto:**

**Resumo:**

Por se tratar de uma prática comum nos dias atuais, existe uma demanda crescente por parte dos alunos em utilizar as tecnologias, em exercícios e prática, jogos educacionais e de simulação. O principal objetivo deste trabalho é de como tornar potencialmente significativo o ensino de geometria molecular, usando como base, a teoria cognitiva de Ausubel conhecida como Aprendizagem Significativa. Esta também estudada por Marco Antônio Moreira, que representa o segundo teórico desta pesquisa. A aplicação de avaliações de cunho objetivo e dissertativo, juntamente com a simulação digital de moléculas com estruturas planas, vão ser as ferramentas de elucidação da aprendizagem, o público-alvo serão 20 alunos do primeiro ano do Ensino Médio e a pesquisa teórico-empírica será realizada no turno vespertino de uma escola pública estadual da zona Sul da cidade de Manaus em 2020. A avaliação desta proposta será feita através da aplicação de questionários diagnósticos e texto dissertativo aos alunos, onde será diagnosticado se a metodologia adotada despertou mais interesse nas aulas, contribuindo para uma melhor compreensão dos conceitos de Química, de forma que esse fenômeno possa ser observado em sua realidade cotidiana. A proposta de

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**CEP:** 69.057-070

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com





UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS - UFAM



Continuação do Parecer: 4.722.837

intervenção, baseia-se na investigação e na utilização da simulação digital para abordar os conceitos inerentes a estabilidade e teoria do octeto, estruturas de Lewis e teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência e interações interatômicas que serão os subsunçores considerados relevantes para o estudo de geometria molecular. Pretende-se com este estudo, auxiliar a compreensão do ensino de Química, por intermédio de simulação digital, tornando assim, uma aprendizagem mais significativa que possa ser vista de uma forma mais dinâmica e atrativa, já que o aluno sairá da abstração comum a este conteúdo para uma situação real mesmo que seja por simulação digital.

**Critério de Inclusão:**

Os alunos participantes da pesquisa deverão estar regularmente matriculados na instituição de ensino escolhida e cursando o 1º ano do Ensino Médio.

**Critério de Exclusão:**

Exige-se assiduidade e pontualidade dos alunos nas aulas de Química do professor pesquisador, outra condição é a de que o aluno participante não seja repetente de série e os pais ou responsáveis deixarem de assinar o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) e o participante da pesquisa, o TA (Termo de Assentimento).

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Tornar o Ensino de Geometria Molecular, potencialmente significativo por meio da simulação digital.

**Objetivo Secundário:**

- Identificar quais processos são necessários para se obter uma aprendizagem significativa de Geometria Molecular;- Descrever uma abordagem teórico-metodológica que possa viabilizar uma aprendizagem mais significativa de Geometria Molecular;- Analisar se as estratégias de ensino com o uso do simulador digital promovem uma aprendizagem significativa de Geometria Molecular, a partir dos dados obtidos;

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

**CEP:** 69.057-070

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com





UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS - UFAM



Continuação do Parecer: 4.722.837

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

##### **Riscos:**

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, que podem ser minimizados. Os riscos e desconfortos previstos decorrentes da participação podem ser advindos do constrangimento devido a não compreensão do objetivo e/ou etapas da pesquisa, ou ainda em dificuldades de aprendizagem dos conteúdos químicos. Em razão da situação pandêmica mundial do novo coronavírus, outros riscos poderão ocorrer nesta pesquisa e são decorrentes das formas de contágio e transmissão da COVID 19 que são: gotículas de saliva, espirro, tosse, catarro, contato pessoal com o próximo, como toque ou aperto de mão e contato com objetos ou superfícies contaminadas, seguido de contato com a boca, nariz ou olhos. Desta forma, para minimizar a contaminação e possível disseminação do vírus, a pesquisa será realizada de forma virtual e será necessário tomar todos os cuidados (medidas preventivas) já descritas e mencionadas neste TCLE, tais como: evitar aglomerações (distanciamento físico de no mínimo 1,5m), uso de máscaras e higienização pessoal e dos objetos utilizados com solução de álcool em gel (70%) ou água e sabão. As atividades não envolverão manipulação de substâncias químicas tóxicas ou que possam comprometer a integridade física dos participantes. Mesmo assim, se for detectado algum risco ou tipo de dano à saúde do sujeito participante da pesquisa, conseqüente à mesma, não previsto no termo de consentimento, será garantido que o estudo será suspenso imediatamente. Estão assegurados o direito a indenizações e cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante, conforme resolução CNS nº466 de 2012, IV .3.h, IV.4.c e V.7. O objetivo principal desta pesquisa é de avaliar se o(a) aluno(a) participante, obteve aprendizagem de forma significativa, com relação ao ensino de Geometria Molecular, sendo devidamente registradas como parte do projeto, portanto, desta forma, solicitamos também sua autorização para este feito. A participação na pesquisa contribuirá para entendermos e refletirmos a importância do uso das TDIC's e simuladores digitais educacionais para tornar uma aprendizagem mais significativa e dinâmica, neste atual cenário de pandemia, sendo uma alternativa de aprendizagem para evitar riscos de contaminação e disseminação do novo coronavírus, desde que se tome os devidos cuidados já mencionados e pertinentes neste TCLE. O envolvimento dos alunos em todas as etapas da pesquisa, será de suma importância para o desenvolvimento do seu caráter crítico e responsabilidade social.

##### **Benefícios:**

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: a apresentação do

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**CEP:** 69.057-070

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com





UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS - UFAM



Continuação do Parecer: 4.722.837

conhecimento químico (Geometria Molecular) mais voltado para sua realidade, bem como a aprendizagem de novas tecnologias, a formação do ponto de vista atitudinal, uma vez que discute tanto os problemas do cotidiano quanto o comportamento do indivíduo perante a sociedade, procedimental por meio das atividades propostas para análise e importância das etapas do conteúdo estudado e conceitual no que se refere ao próprio conhecimento químico. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

2 versão

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

FOLHA DE ROSTO: adequada

TERMO DE ANUÊNCIA: adequado

PROJETO DE PESQUISA BÁSICO: adequado

RISCOS: adequado

BENEFÍCIOS: Adequado

TCLE: adequado

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO: Adequado

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO: Adequado

INSTRUMENTOS DA PESQUISA: adequado

CRONOGRAMA: adequado

ORÇAMENTO: Adequado

CV LATTES: adequado

TERMO DE ASSENTIMENTO: adequado

**Recomendações:**

O pesquisador somente poderá iniciar a coleta de dados (pesquisa de campo), após análise e aprovação pelo sistema CEP/CONEP. O pesquisador deve observar as orientações da CONEP, de 5/6/2020 sobre as atividades de pesquisas, em razão da pandemia e isolamento.

Este CEP/UFAM analisa os aspectos éticos da pesquisa com base nas Resoluções 466/2012-CNS, 510/2016-CNS e outras complementares. A aprovação do protocolo neste Comitê NÃO SOBREPÕE eventuais restrições ao início da pesquisa estabelecidas pelas autoridades competentes, devido à pandemia de COVID-19. O pesquisador(a) deve analisar a pertinência do início, segundo regras da CONEP e o

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

**UF:** AM

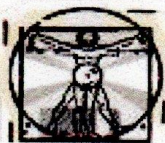
**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**CEP:** 69.057-070

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com





UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS - UFAM



Continuação do Parecer: 4.722.837

plano

de biossegurança da UFAM.

Verificar ofício 009/PROPESP/UFAM que em sua páginas 2/5 e 3/5 trazem informações ao pesquisador sobre as pesquisas presenciais com seres humanos.

Verificar a paginação do TCLE e ASSENTIMENTO, deve constar como exemplo 1/4, 2/4...

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Diante do exposto, somos de parecer pela APROVAÇÃO do referido Projeto, pois o pesquisador cumpriu as determinações da Resolução 466/12.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O pesquisador deve enviar por notificação os relatórios parciais e final. (item XI.d. da resolução 466/2012-CNS), por meio da plataforma BRasil e manter seu cronograma atualizados, solicitando por emenda eventuais alterações antes da finalização do prazo inicialmente previsto.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1699839.pdf	09/05/2021 02:24:33		Aceito
Outros	CARTARESPOSTAAOCEPCOMRELACAOASCONSIDERACOESPONTOAPONTOAMVP09052021.pdf	09/05/2021 02:03:57	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito
Outros	TERMODEASSENTIMENTODEFINITIVO2AVERSAODEAMVP09052021NUMERADO.pdf	09/05/2021 01:56:29	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito
Outros	CurriculodoSistemadeCurriculosLattesAntonioMarcosVilacaPereira09052021.pdf	09/05/2021 01:52:29	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito
Outros	QUESTIONARIOPRESIMULADOR2aVERSAOAMVP09052021.pdf	09/05/2021 01:47:28	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito
Outros	QUESTIONARIOPOSSIMULADOR2aVERSAOAMVP09052021.pdf	09/05/2021 01:40:12	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE2aVERSAODEFINITIVODEAMVP09052021NUMERADO.pdf	09/05/2021 01:34:53	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	projetodepesquisaantoniomarcosvilacapereira2aversao2021maio.pdf	09/05/2021 01:24:31	Antonio Marcos Vilaça Pereira	Aceito

Endereço: Rua Teresina, 495

Bairro: Adrianópolis

UF: AM

Telefone: (92)3305-1181

Município: MANAUS

CEP: 69.057-070

E-mail: cep.ufam@gmail.com





UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS - UFAM



Continuação do Parecer: 4.722.837

Investigador	projetodepesquisaantonio Marcos vilaca Pereira 2aversao 2021 maio.pdf	09/05/2021 01:24:31	Antonio Marcos Vilaca Pereira	Aceito
Outros	termodeanuencia Antonio Marcos Vilaca Pereira.pdf	08/02/2021 22:37:28	Antonio Marcos Vilaca Pereira	Aceito
Outros	QuestionariodeSondagem.pdf	08/02/2021 22:26:18	Antonio Marcos Vilaca Pereira	Aceito
Outros	CurriculodoSistemadeCurriculosLattesJoseLuizdeSouzaPio.pdf	08/02/2021 22:24:23	Antonio Marcos Vilaca Pereira	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoassinadaporantonio Marcos vilaca Pereira em art agus mao.pdf	08/02/2021 22:05:54	Antonio Marcos Vilaca Pereira	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

MANAUS, 20 de Maio de 2021

**Assinado por:**

**Eliana Maria Pereira da Fonseca  
(Coordenador(a))**

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**CEP:** 69.057-070

**Telefone:** (92)3305-1181

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com