



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO, DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
CURSO DE QUÍMICA – LICENCIATURA**

GABRIELA GASPAR

**CONSTRUÇÃO DE MODELOS MOLECULARES ACESSÍVEIS: UMA
PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA COM IMPRESSORA 3D**

**BLUMENAU
2023**

GABRIELA GASPAR

**CONSTRUÇÃO DE MODELOS MOLECULARES ACESSÍVEIS: UMA
PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA COM IMPRESSORA 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Química - Licenciatura do Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química.

Professora Orientadora: Graziela Piccoli Richetti

**BLUMENAU
2023**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Alex Bueno e ao Thomas, por terem abraçado esta pesquisa.
Sem vocês esta pesquisa nunca teria saído do papel.

Ao Centro Municipal de Educação Alternativa - CEMEA Blumenau, por todo o auxílio com a linguagem *Braille*.

Aos amigos que essa jornada me presenteou: Maria Júlia, Franklin e Luiza. Eu não teria chegado até aqui sem vocês. Obrigada por terem enfrentado essa graduação, especialmente durante a pandemia, junto comigo.

A minha família do coração: Débora, Gabriela e José. Obrigada por sempre acreditarem em mim. Toda conquista minha é uma conquista de vocês também.

Aos meus irmãos, Jean e Mariana, por todos os jantares trocando ideias.
Obrigada por sempre me ouvirem.

A minha orientadora Graziela, por ter sido a primeira a acreditar nesta pesquisa. Obrigada por toda a paciência e gentileza durante essa jornada.
Você é uma das professoras que me inspiram.

A todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram esta pesquisa se tornar realidade.

RESUMO

O avanço dos direitos às pessoas com deficiência nos últimos anos, com a homologação da Lei Brasileira de Inclusão, impacta diretamente na educação formal destinada a este grupo. Para que a pessoa com deficiência tenha acesso a um ensino justo e igualitário, é imprescindível que as escolas atendam às demandas específicas dos estudantes com deficiência, como, por exemplo, materiais adaptados para estudantes com deficiência visual. Para tal, tem-se empregado as tecnologias assistivas educacionais. No ensino de química, o maior desafio está em encontrar materiais adaptados para estudantes com deficiência visual, visto que a química se baseia em diversos fenômenos visuais e conceitos abstratos. Destarte, esta pesquisa objetiva favorecer o processo de ensino-aprendizagem em química com a criação de uma tecnologia assistiva educacional para pessoas com deficiência visual – cegos e baixa visão. A tecnologia em questão se trata de um modelo molecular adaptado para estudantes com deficiência visual, a partir da diferenciação de elementos de uma molécula pelo tato, produzidos com impressoras 3D. Foram produzidas 65 peças, envolvendo esferas com símbolos, conectores e um sistema de símbolos e legendas em *Braille*. Esse modelo molecular permite a criação de diversas moléculas com poucas esferas e, dessa forma, considera-se que o modelo molecular adaptado para estudantes com deficiência visual apresenta potencialidades para auxiliar no ensino de ligações químicas e de geometria molecular.

Palavras-chave: *tecnologia assistiva educacional; modelos moleculares; impressora 3D.*

ABSTRACT

The advancement of the rights of persons with disabilities in recent years, with the ratification of the Brazilian Inclusion Law, has had a direct impact on formal education for this group. For a person with a disability to have access to a fair and equal education, it is essential that schools meet the specific demands of students with disabilities, such as, for example, materials adapted for students with visual impairments. As such, educational assistive technologies have been used. In chemistry teaching, the biggest challenge is finding adapted materials for visually impaired students is the biggest challenge, since chemistry is based on several visual phenomena and abstract concepts. Thus, this research aims to favor the teaching-learning process in chemistry with the creation of an educational assistive technology for people with visual impairments, for example, blindness and low vision. The assistive technology in question is a molecular model adapted for visually impaired students based on the differentiation of elements of a molecule by touch produced with 3D printers. 65 pieces were produced, involving spheres with symbols, connectors, and a system of symbols and legends in Braille. This molecular model allows the creation of several molecules with few spheres, and, therefore, it is considered that the molecular model adapted for students with visual impairment has the potential to help in the teaching of chemical bonds and molecular geometry.

Keywords: *educational assistive technology; molecular model; 3D printer.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeiro teste dos modelos moleculares.....	25
Figura 2 - Imagem do software de modelagem Fusion 360, apresentando os 4 símbolos: “xis”, “círculo”, “triângulo” e “quadrado”.....	26
Figura 3 - Imagem do software de modelagem Fusion 360, apresentando todos os tipos de esferas do modelo molecular adaptado.....	27
Figura 4 - Imagem dos conectores teste representando - da esquerda para a direita - as ligações simples, duplas e triplas.....	30
Figura 5.a - Representação da geometria trigonal plana.....	33
Figura 5.b - Representação da geometria angular.....	33
Figura 5.c - Representação da geometria octaédrica.....	33
Figura 5.d - Representação da geometria quadrado planar.....	34
Figura 5.e - Representação da geometria linear.....	34
Figura 5.f - Representação da geometria tetraédrica.....	34
Figura 5.g - Representação da geometria trigonal piramidal.....	35
Figura 5.h - Representação de um ciclo de seis átomos.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese dos trabalhos sobre modelos moleculares abordados na revisão.....	22
Quadro 2 - Relação dos aspectos levados em consideração na criação do modelo molecular.....	23
Quadro 3 - Relação dos elementos químicos com legendas <i>Braille</i> e sua utilização comum.....	28
Quadro 4 - Relação dos ângulos de ligações e das geometrias possíveis com o modelo molecular adaptado.....	29
Quadro 5 - Relação de moléculas representadas com o modelo molecular adaptado.....	31

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	08
2 - LINGUAGEM CIENTÍFICA E ENSINO DE ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL.....	12
3 - LIGAÇÕES QUÍMICAS, GEOMETRIA MOLECULAR E O USO DAS IMPRESSORAS 3D NO ENSINO DE QUÍMICA.....	14
4 - METODOLOGIA.....	23
5 - MODELAGEM E PRODUÇÃO DO MODELO MOLECULAR ADAPTADO...25	
6 - PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DO MATERIAL ADAPTADO.....	31
7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
8 - REFERÊNCIAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

A promoção dos direitos das pessoas com deficiência (PcD) obteve um grande marco jurídico em 2015 com a implementação da Lei Brasileira de Inclusão (LBI). O artigo 2 da LBI identifica pessoas com deficiência aquelas que apresentem

impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (BRASIL, 2015).

Assim, esse documento defende os direitos das pessoas com deficiência e, por meio de políticas públicas e ações da sociedade, abre-se caminho para a igualdade social. Um dos meios para promover essa igualdade é o acesso à educação formal e o capítulo IV da LBI reforça o direito da PcD ao acesso, à permanência e à participação na educação formal, básica e superior, na perspectiva da educação inclusiva.

A inserção dos estudantes com deficiência na educação formal por meio da educação especial está prevista desde 1996, com a homologação da Lei nº 9.394, de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. A educação especial é definida como “a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação.” (BRASIL, 1996, artigo 58). Desta forma, o acesso à educação formal por pessoas com deficiência é um direito há mais de 20 anos e recebe reforço pela Lei Brasileira de Inclusão. Por esse motivo, é necessário - enquanto sociedade - realizar ações de promoção da inclusão das pessoas com deficiência.

No Brasil, estima-se que 18,7% da população apresenta alguma deficiência visual, sendo que aproximadamente 2,1% são crianças e jovens entre 0 e 19 anos, o que corresponde a cerca de 4 milhões de crianças e jovens (IBGE, 2010). O artigo 5 do Decreto Federal nº 5.296 de 2004 define a deficiência visual como:

cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60º; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores (BRASIL, 2004, inciso I, alínea C).

Nessa perspectiva, a realidade das salas de aulas brasileiras é composta por uma diversidade de estudantes com e sem deficiência, com seus contextos e necessidades. A escola é um espaço de convivência diária dos jovens, compartilhando sua cultura entre si e impactando no processo de ensino-aprendizagem (LEÃO; CARMO, 2014). Infelizmente, a maioria dos docentes não estão devidamente capacitados para atender as demandas da educação inclusiva (BLANCO; DUK, 1997), mas deveriam estar preparados para receber estudantes com deficiência, por meio da “[...] organização de recursos e serviços de acessibilidade e de disponibilização e usabilidade pedagógica de recursos de tecnologia assistiva” (LBI, 2015, artigo 28, inciso VII).

A tecnologia assistiva pode ser definida como todo serviço ou produto que seja pensado para a resolução de problemas enfrentados pelas pessoas com deficiência (BERSCH, 2009). No Brasil, o Comitê de Ajudas Técnicas definiu:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2009, p. 13).

Assim, existe uma diversidade de tecnologias assistivas que engloba desde instrumentos para a cozinha até ferramentas para o trabalho. A educação também requer meios para atender as demandas das PcD, e profissionais da educação em química buscam a promoção da inclusão por meio das tecnologias assistivas educacionais, como por exemplo, um termômetro vocalizado adaptado para estudantes com deficiência visual (BENITE *et al.*, 2017); uma tabela periódica para estudantes cegos (SILVA, 2017); o jogo Q-Libras voltado para o ensino de química lúdico de estudantes surdos (ROCHA *et al.*, 2019); entre outras. Estas tecnologias têm como objetivo fomentar o processo de aprendizagem do estudante com deficiência, por meio de recursos específicos voltados para suas demandas (BERSCH, 2009).

A presença de estudantes com deficiência visual na escola acarreta na necessidade de adaptação das atividades em sala de aula, recorrendo a materiais e recursos que superem as barreiras estabelecidas pela falta da resposta visual. Nas aulas de química, estas barreiras são ainda mais

complexas: a química é uma ciência alicerçada na observação, sendo esta feita geralmente de forma visual.

A química é caracterizada por apresentar três níveis representacionais: o macroscópico, o microscópico e o representacional (JOHNSTONE, 1982). O nível macroscópico se refere a tudo que se consegue ver a olho nu e o microscópico tange tudo aquilo que é preciso ser concebido mentalmente, pois não é possível visualizar. O nível representacional abrange toda a linguagem química, ou seja, todos os símbolos criados para discorrer cientificamente sobre os fenômenos químicos (JOHNSTONE, 1982).

Os níveis microscópico e representacional são frequentemente apresentados de forma visual (NASCIMENTO, 2020). O nível microscópico é muitas vezes delegado à imaginação dos discentes, entretanto, na tentativa de auxiliar a imaginação, professores utilizam vídeos, imagens e desenhos, isto é, representações visuais. Destarte, é necessário pensar em outras estratégias para abranger os estudantes com deficiência visual, permitindo seu desenvolvimento pleno e autônomo em todos os níveis representacionais da química.

Dentro da magnitude dos conceitos químicos, é possível elencar conteúdos que carregam definições visuais, como por exemplo, modelos atômicos, modelos moleculares e propriedades da matéria. Esta pesquisa se direciona ao conceito químico de estrutura molecular, isto é, o “arranjo tridimensional muito bem definido dos átomos que constituem cada molécula em particular no espaço” (TOSTES, 1998, p. 17). É em torno do conhecimento da estrutura molecular que muitos fenômenos químicos são compreendidos e estudados.

Diretamente conectado ao conceito de estrutura molecular está a compreensão das ligações químicas. De acordo com Fernandez e Marcondes (2006), os estudantes apresentam dificuldades e/ou confusões na concepção das ligações químicas. As dificuldades apresentadas envolvem as diferenças entre ligações iônicas e covalentes, a geometria e polaridade das moléculas, e a representação das ligações (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006). Assim, uma possível ferramenta empregada para contribuir no processo de ensino-aprendizagem destes conteúdos são os modelos moleculares.

Os modelos moleculares empregados para representar o nível macroscópico da matéria são moldes de plástico, geralmente em forma de esferas e bastões, utilizados para representar moléculas de forma tridimensional. Os modelos moleculares comerciais, como os vendidos pela Cusco e VitchLab[®], usam as esferas para indicar os átomos, e os bastões para representar as ligações. Para diferenciar os átomos e compor uma molécula conhecida, as esferas apresentam cores diversas, sendo cada cor representante de um grupo químico ou átomo. Dessa forma, por mais que o estudante deficiente visual possa tocar no modelo, ele perde a principal informação que o modelo molecular concede: a identidade da molécula. Qualquer discussão que o docente possa desenvolver a partir de um modelo molecular não chegará ao estudante com deficiência visual, sendo este prejudicado no seu processo de aprendizagem.

Nessa perspectiva, é imprescindível uma tecnologia assistiva educacional para discentes com deficiência visual que supra a necessidade deles nas representações tridimensionais das moléculas químicas. Assim, esta pesquisa tem como objetivo construir, em impressoras 3D, modelos moleculares adaptados para estudantes com deficiência visual com a finalidade de favorecer o ensino e aprendizagem sobre ligações químicas e geometria molecular. Como objetivos específicos, propõe-se:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre as tecnologias assistivas educacionais no ensino de química direcionadas para estudantes com deficiência visual;
- Construir um modelo molecular acessível ao tato; e
- Propor aplicações de uso para modelo molecular construído.

2. LINGUAGEM CIENTÍFICA E ENSINO DE ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Uma educação inclusiva requer uma transformação no sistema educacional, reestruturando as escolas para que garantam a entrada e permanência das crianças e adolescentes que não atendem os padrões de normalidade construídos historicamente (SILVA NETO *et al.*, 2018). Destarte, entende-se educação inclusiva como:

[...] a transformação para uma sociedade inclusiva, um processo em que se amplia a participação de todos os alunos nos estabelecimentos de ensino regular. Trata-se de uma reestruturação da cultura, da prática e das políticas vivenciadas nas escolas, de modo que estas respondam à diversidade dos alunos. É uma abordagem humanística, democrática, que percebe o sujeito e suas singularidades, tendo como objetivos o crescimento, a satisfação pessoal e a inserção social de todos (SILVA NETO *et al.*, 2018, p. 86).

Assim, a educação inclusiva implica na necessidade de atender as demandas de todos os estudantes para garantir o acesso ao conhecimento de forma igualitária. Quando estudantes com deficiência iniciam nas escolas, geralmente apresentam demandas mais específicas e complexas que estudantes sem deficiência. É importante que todos os responsáveis pelas escolas - diretores, coordenadores, professores, entre outros - se comprometam para que as necessidades desses estudantes sejam atendidas. Para tal, é imprescindível uma qualificação profissional no corpo de funcionários da escola e de recursos pedagógicos.

As normativas legais deixam claro os direitos educativos das pessoas com deficiência, porém, na prática pedagógica, o déficit na formação docente se torna evidente. Para além da formação profissional qualificada deficiente e falta de recursos, o processo de ensino aprendizagem do conhecimento científico pode ser comprometido, porque perpassa a linguagem científica.

Pode-se entender a linguagem científica como o que diferencia os conhecimentos construídos na comunidade científica e outros tipos de conhecimentos (BENITE; BENITE; RIBEIRO, 2014). É por meio dela que os conhecimentos científicos são comunicados. Portanto, para que o estudante tenha acesso a um conhecimento, é necessário compreender a sua linguagem. No ensino de química, há uma linguagem específica carregada de

representações, que permite a interpretação e comunicação de fenômenos químicos, e então “aprender ciências significa aprender como estas diferentes formas de representação interagem entre si e suportam umas as outras” (BENITE; BENITE; RIBEIRO, 2014, p. 87).

Nuernberg (2008), ao discorrer sobre Vygotsky, destaca que é na linguagem que ocorre a superação das limitações ocasionadas pelo não acesso à experiência visual. Vygotsky defende que a criança com deficiência não apresenta menor desenvolvimento que as crianças sem deficiência, mas sim que este desenvolvimento se dá por caminhos diferentes (RUPPEL; HANSEL; RIBEIRO; 2021). Para a construção destes caminhos diferentes, a própria deficiência funciona como estímulo para que ocorram mudanças no desenvolvimento psicológico, e, somado ao fator social, Vygotsky chama este processo de compensação social (NUERNBERG, 2008).

O processo de compensação social não seria, por exemplo, o super desenvolvimento do tato de um estudante cego, mas sim uma “reação do sujeito diante da deficiência, no sentido de superar as limitações com base em instrumentos artificiais, como a mediação simbólica” (NUERNBERG, 2008, p. 309). Desta forma, Vygotsky defende que apenas por meio do acesso à cultura e às relações sociais, a compensação social poderia ser realizada e, portanto, impactar nos processos psicológicos e na apropriação do conhecimento (RUPPEL; HANSEL; RIBEIRO; 2021).

O processo de ensino-aprendizagem em química não é diferente, ou seja, é importante que o estudante com deficiência visual tenha acesso à cultura e ao meio social nas aulas de química, estando em sala de aula em contato com seus colegas e professores. Além disso, o acesso às tecnologias assistivas educacionais permite que o professor tenha mais ferramentas para mediar o conhecimento para estudantes com deficiência. Eich (2019, p. 43) discorre sobre Vygotsky, onde a “educação da pessoa cega [...] jamais deve ser na falta da visão, mas pelo contrário, a educação dessas pessoas deve incidir no potencial de desenvolvimento” e, dessa forma, o processo de ensino-aprendizagem deve buscar caminhos não tradicionais. É na prática docente com materiais adaptados que esses caminhos não tradicionais de aprendizagem são construídos juntamente com o estudante com deficiência visual. Só dessa maneira o estudante com deficiência vai acessar adequadamente a linguagem científica.

3. LIGAÇÕES QUÍMICAS, GEOMETRIA MOLECULAR E O USO DAS IMPRESSORAS 3D NO ENSINO DE QUÍMICA

A ligação química pode ser definida como a ligação entre átomos ou íons, e essa ligação pode apresentar caráter iônico, covalente ou metálico (BROWN *et al.*, 2005). De acordo com Marcondes e Fernandez (2006, p. 20) “o tema ligação química, por ser abstrato, longe das experiências dos alunos, tem, conseqüentemente, grande potencial para gerar concepções equivocadas por parte dos estudantes”. Assim, pode se dizer que o conceito de ligação química exige capacidade de imaginação dos estudantes para compreender como dois átomos ou íons se conectam e como esta conexão afeta o nível macroscópico.

Considera-se que há “uma grande variedade de representações simbólicas e bidimensionais, as quais, na maioria das vezes, dificultam ainda mais a compreensão dos estudantes a respeito dos conceitos de ligação química” (CARVALHO, BUENO, SILVA, 2009, p. 2). Além disso, de acordo com Chassot (1996, p. 3) “por limitações que advêm da maneira como interagimos com a natureza, temos dificuldades em imaginar”. Assim, é imprescindível garantir que os estudantes tenham acesso a ferramentas diversas e adequadas com suas demandas para interagir com o conhecimento químico e, portanto, sejam dotados de capacidade para conhecer e construir conhecimento.

Conseqüentemente, o estudo das ligações químicas leva a compreensão da formação de moléculas, que por sua vez “têm formas espaciais e tamanhos definidos pelos ângulos e pelas distâncias entre os núcleos de seus átomos constituintes” (BROWN, 2005, p. 289), ou seja, as moléculas apresentam formas espaciais singulares. As formas espaciais das moléculas, ou geometrias moleculares, permitem o estudo da interação entre as moléculas e entendimento das propriedades de uma determinada molécula (BROWN, 2005). Para compreender geometrias moleculares, os estudantes precisam ser capazes de imaginar tridimensionalmente, criando relações entre a geometria de determinado composto com fenômenos macroscópicos e com a linguagem química (FARIAS, *et. al.*, 2015).

No cotidiano, docentes fazem representações bidimensionais das geometrias moleculares no quadro da sala de aula para auxiliar a visualização tridimensional mental dos estudantes. Essas representações, muitas vezes, se

apresentam infrutíferas, visto que é bastante desafiador retratar um corpo tridimensional por meio de uma ferramenta bidimensional (MARTINS; FREITAS; VASCONCELOS; 2020). Além disso, o desenho no quadro é capaz de atingir apenas estudantes normovisuais.

Os conteúdos químicos de ligações e geometrias moleculares apresentam uma grande importância dentro da química orgânica. De acordo com Batista (2018, p.13) “A primeira dificuldade ao estudar Química Orgânica é reconhecer as ligações presentes nas moléculas, para que então possa compreender os arranjos atômicos e moleculares de moléculas orgânicas”, ou seja, as concepções e representações das ligações químicas e das geometrias das moléculas impactam diretamente em um processo de ensino-aprendizagem significativo no conteúdo de química orgânica. A compreensão adequada - ou seja, sem equívocos ou erros conceituais - das ligações químicas é fundamental para a compreensão entre o mundo microscópico das partículas e o mundo macroscópico das substâncias (BATISTA, 2018).

A química orgânica se depara com muitos fenômenos de isomeria, que são caracterizados por “substâncias que têm a mesma fórmula molecular, mas não são idênticas” (BRUICE, 2006, p. 180). O entendimento dos fenômenos de isomeria perpassa pela capacidade de visualização tridimensional das geometrias moleculares, assim como da rotação das ligações químicas. As isomerias geométricas e ópticas são comuns na química orgânica e muitas vezes esses conceitos são desenvolvidos em aulas tradicionais - ou seja, aulas expositivas, com auxílio do quadro, projetor e livros, sem qualquer amparo de uma ferramenta tridimensional, de forma que o conhecimento científico não alcance os estudantes (REZENDE; AMARO; RODRIGUES FILHO; 2016). Portanto, as representações dos fenômenos químicos de nível abstrato precisam ser bem exploradas com os estudantes, com ferramentas que permitam o desenvolvimento cognitivo da visualização tridimensional.

Entretanto, se a linguagem química pode acarretar em dificuldades de representação para estudantes normovisuais, as dificuldades são ainda mais expressivas para estudantes com deficiência visual, que possuem um repertório menor de ferramentas para se apropriar dos conceitos químicos. Dessa forma, é necessário que as ferramentas educacionais contemplem as especificações de um estudante não-visual.

As tecnologias assistivas educacionais são tecnologias que visam transpor as barreiras sensoriais, cognitivas ou motoras que impedem o estudante ter acesso a informações e, conseqüentemente, a construção do conhecimento (BERSCH, 2017). No caso de uma tecnologia assistiva educacional para o ensino de química, é necessário considerar o(s) conteúdo(s) químico(s) abordado(s), assim como para qual deficiência esta tecnologia atende.

Como citado na introdução deste texto, um exemplo de tecnologia assistiva educacional para o ensino de química é o Q-LIBRAS (ROCHA *et al.*, 2019). Este é um jogo de perguntas sobre propriedades periódicas e ligações químicas, no qual as perguntas foram adicionadas a um *software* para ser utilizado no celular. Este *software* apresenta um boneco 3D que realiza a sinalização das perguntas em Libras que aparecem escritas na tela. Assim, estudantes surdos e estudantes ouvintes podem compartilhar o mesmo aplicativo e tiveram, segundo Rocha *et al.* (2019), as mesmas oportunidades de acesso à informação.

Outro exemplo é a tabela periódica para estudantes com deficiência visual (SILVA, 2017), que utilizou uma base com encaixes para 44 elementos, sendo cada um representado em pequenas caixas. Cada elemento apresenta, em *braille*, seu símbolo, número de elétrons livres, número atômico e número de massa. Esse material é específico para estudantes com deficiência visual, entretanto, ele permite a aquisição dos mesmos conhecimentos contidos na tabela periódica convencional, igualando o acesso à informação dos estudantes.

O termômetro vocalizado, proposto por Benite *et al.* (2017), consiste em um termômetro eletrônico que, ao acionar um botão, sinaliza sonoramente a temperatura medida. Assim, foi permitida a participação dos estudantes com deficiência visual em um experimento químico, situação em que normalmente estes estudantes são excluídos, tendo em vista o caráter visual dos termômetros tradicionais.

Em se tratando especificamente do ensino de geometria molecular e ligações químicas, modelos moleculares podem ser empregados para facilitar a visualização tridimensional. No trabalho de Scalco *et al.* (2012) foi construído um modelo molecular adaptado com bolas de isopor envoltas em texturas. Cada textura corresponde a um elemento químico, sendo que o material foi avaliado por professores e estudantes videntes e não videntes. Para realizar a avaliação

do modelo e da formação da visão tridimensional, o material adaptado foi utilizado em uma aula sobre estruturas químicas e ligações químicas. Comparando uma aula na qual utilizou-se o modelo adaptado e uma aula sem o modelo adaptado, juntamente com as respostas de um questionário, os autores concluíram que os estudantes apresentaram muita dificuldade de representar bidimensionalmente as moléculas quando não amparados pelo modelo molecular. Os autores ressaltaram que o modelo foi bem aplicado tanto para os estudantes videntes como para os estudantes com deficiência visual.

De modo semelhante, Cavalcanti e Santos (2016) criaram um modelo molecular adaptado com esferas de isopor para o ensino de química orgânica. O trabalho foi realizado com estudantes do ensino médio sem deficiência visual, sendo que cinco estudantes foram selecionados para ficarem vendados durante a atividade. Por meio das respostas de questionários, as autoras concluíram que é possível realizar atividades adaptadas de química, integrando estudantes videntes e com deficiência visual em uma mesma atividade.

De forma semelhante, a dissertação de Lourenço (2003) produziu modelos moleculares e uma tabela periódica em uma sala de recursos educacionais para estudantes deficientes visuais, em salas para atendimento especializado em São Paulo. O material foi confeccionado com bolas de isopor e papelão. A tabela periódica continha as esferas de isopor com texturas diversas, servindo de legenda para a construção das moléculas. As texturas foram obtidas através de tecidos, fitas, flores de plástico, botões, milho de pipoca e arroz. Para aumentar a durabilidade, todas as bolinhas foram revestidas com uma camada de cola de PVA. A aplicação do modelo trouxe resultados positivos no processo de aprendizagem das funções orgânicas e isomeria dos estudantes com deficiência visual, ao acompanhar o progresso dos estudantes na sala de atendimento especializado.

Ambos os trabalhos de Scalco *et al.* (2012) e Cavalcanti e Santos (2016) não utilizam um sistema de legenda *Braille* para as texturas, ou seja, não são modelos que permitem a autonomia do estudante cego, muitas vezes usuário da linguagem *Braille*, pois seria necessário que as texturas e seus significados fossem vocalizados constantemente. Os dois trabalhos também não apresentam o tempo para o preparo de cada material adaptado, nem estimam sua durabilidade. No geral, esses modelos moleculares adaptados produzidos à mão

não apresentam grande durabilidade, além de levarem um tempo considerável para serem produzidos. Os modelos moleculares caseiros podem facilmente serem danificados no processo de tatear, causando uma situação inconveniente em sala de aula e, inclusive, podendo atrapalhar o processo de aprendizagem do estudante não vidente. O modelo molecular precisa ser resistente o suficiente para que o estudante com deficiência visual possa explorá-lo livremente e com autonomia. Além disso, sabendo da realidade dos professores das escolas públicas brasileiras, com sobrecarga de trabalho, há pouco tempo fora da sala de aula para empregar na criação destes materiais adaptados.

Nesse contexto, as impressoras 3D apresentam potencialidades para propiciar a produção de materiais adaptados mais eficientes, ou seja, com maior durabilidade e menor tempo despendido. Ferrari *et al.* (2019) realizaram uma revisão dos trabalhos internacionais envolvendo tecnologias assistivas e impressoras 3D, no período de 2007 à 2018. Os autores apontaram que a maioria dos trabalhos com impressora 3D estão voltados à área da saúde, principalmente para próteses e órteses, sendo este tópico correspondente a mais de 70% dos trabalhos encontrados. Materiais para pessoas com deficiência visual corresponderam a apenas 11% da revisão realizada.

Ford e Minshall (2019) realizaram uma revisão sobre o uso da impressora 3D na área da educação. Os autores dividiram os trabalhos em seis categorias, sendo uma delas a criação de tecnologias assistivas. Dentro desta categoria, o artigo destaca o uso da impressora 3D para a criação de materiais tácteis, mas não cita nenhum material tátil para o ensino de química.

Na perspectiva nacional, Pinho (2021) realizou um levantamento bibliográfico nas bases de dados Google Acadêmico, *Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde* (LILACS) e *Scientific Eletrônica Library Online* (SCIELO) sobre o uso da impressora 3D como metodologia de inclusão de estudantes não videntes. O trabalho encontrou 16 artigos no período de 2015 a 2020. No ensino de ciências, foram encontrados trabalhos envolvendo a impressão de células biológicas e esqueletos de animais. Pinho (2021) disserta que ainda são poucos os estudos que exploram a impressora 3D, e isto se deve à dificuldade de acesso a essas impressoras, assim como à qualidade da modelagem, que pode ocasionar produtos pobres em detalhes.

Duarte e Rossi (2021) realizaram um levantamento de trabalhos envolvendo ensino de química e pessoas com deficiência visual realizados entre 1996 e 2018. Utilizando como meio de pesquisa o Google Acadêmico, os autores identificaram 247 produções - artigos, monografias, dissertações e teses -, sendo 133 relativos a materiais didáticos no ensino de química adaptados para estudantes com deficiência visual. Dentre esses artigos, 20 envolviam modelos moleculares. Em outra busca, no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os autores encontraram 43 artigos, 34 dissertações e 4 teses. A maioria desses trabalhos tinham como foco linhas de material didático e formação de professores. Entre os materiais didáticos, a tabela periódica foi o tópico mais abordado (DUARTE; ROSSI, 2021). Além disso, os autores reconheceram um aumento no número de produções com o passar dos anos, mostrando um panorama de crescimento da importância do tema.

De forma semelhante, Santana, Benitez e Mori (2021) realizaram uma investigação de artigos sobre ensino de química e inclusão no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no *Scientific Electronic Library Online* e na revista *Química Nova na Escola*, no período de 2008 a 2019. Os autores recuperaram 26 artigos, nos quais o tópico central envolveu o docente e sua formação. Além disso, Santana, Benitez e Mori (2021) destacaram a deficiência visual e auditiva como o tópico mais abrangente dentro das publicações relacionadas ao discente e suas especificidades.

Pastoriza e Kruger (2021) realizaram um mapeamento de ferramentas assistivas para estudantes deficientes visuais no Ensino de Química, em trabalhos publicados entre 2014 e 2019. O levantamento de dados foi realizado no portal de periódicos da Capes e a metodologia foi realizada por meio da análise textual discursiva. Os autores encontraram e analisaram 14 trabalhos, sendo categorizados em materiais vocalizados, baseados na escrita *Braille* e materiais táteis. O tópico mais abordado foi materiais táteis e, no geral, envolvia a produção desses materiais didáticos com matéria-prima acessível. O número baixo de trabalhos aponta para a necessidade de ampliar as pesquisas no ensino de química para pessoas com deficiência visual (PASTORIZA; KRUGER, 2021).

Andrade (2019) desenvolveu modelos moleculares na impressora 3D para o conteúdo de geometria molecular. Os modelos moleculares foram produzidos com esferas de tamanhos distintos para representar raios atômicos diferentes e com diferentes ângulos de ligação. Os modelos moleculares foram aplicados em uma turma do ensino médio, e, por meio de questionários, foi comparada a uma turma que não teve acesso aos modelos. O resultado foi positivo, visto que os estudantes que tiveram acesso ao material apresentaram mais acertos no questionário. Por mais que este modelo molecular tenha potencial para ser utilizado com estudantes com deficiência visual por ser um material tátil e com esferas de tamanhos diferentes, o trabalho em nenhum momento se propôs a atender as demandas da educação inclusiva.

Pensando em produzir materiais didáticos mais robustos, Toledo e Rizzatti (2021) confeccionaram modelos atômicos com uma impressora 3D. Foram construídos os modelos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr. Os modelos construídos foram avaliados por dois professores e um aluno com baixa visão. Por meio da metodologia de pesquisa-ação e com base nas entrevistas com os professores e o aluno de baixa visão, os autores concluíram que o material adaptado promoveu um ensino de química inclusivo e autônomo.

Lima, Ferreira e Souza (2022) realizaram uma intervenção numa escola estadual localizada em Belém - Pará, com um estudante com cegueira congênita. Essa intervenção consistiu em trabalhar o conteúdo de química orgânica por meio de modelos moleculares 3D de moléculas orgânicas, como o butano, juntamente com a audiodescrição dessas moléculas. Os autores indicam que o uso deste material adaptado favoreceu a formação de conceitos sobre Química Orgânica, assim como promoveu o acesso à linguagem científica.

Lacerda (2017) realizou a impressão 3D de átomos de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio. O ponto de destaque nesta monografia foi a utilização da linguagem *Braille* para identificar cada esfera a um elemento químico. Para tal, a autora utilizou os símbolos dos elementos químicos, no caso, "C", "H", "N" e "O" e imprimiu a tradução *Braille* em cada respectiva esfera.

Na mesma ideia de construção de materiais com impressora 3D, Toledo, Santos e Rizzatti (2019) construíram um material para explicar geometrias moleculares. A partir de moléculas pré-definidas, foi possível criar diferentes exemplos de geometrias. O material foi positivamente avaliado por três

professores do ensino médio. Todavia, o material fica restrito ao ensino de geometrias, porque não há distinção tátil entre os átomos e a molécula não é desmontável.

Maia, Duarte e Candido (2018) criaram um sistema de modelo molecular para química orgânica com impressora 3D. Neste trabalho, foram confeccionadas bolas representando átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. A diferenciação entre eles foi dada pela letra do elemento, em alto relevo na superfície da bola e as esferas representantes dos átomos também continham seus nomes em *Braille*. Além disso, produziram uma espécie de cano para criar as ligações químicas das moléculas. Além disso, foi feita a diferenciação dos raios das esferas para representarem os raios atômicos. A modelagem do material foi disponibilizada livremente para que qualquer pessoa possa reproduzir o material em impressoras 3D. É um dos materiais didáticos de modelos moleculares que mais se aproximou dos comercialmente vendidos e apresentou legenda *Braille*.

Destarte, é perceptível a necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias assistivas educacionais para o ensino de ligação química e geometria molecular. Por mais que haja trabalhos envolvendo impressoras 3D, há um modelo molecular impresso que apresenta moléculas desmontáveis e legendas *Braille* e ele é restrito à química orgânica. Em contrapartida, há trabalhos de produção de modelos moleculares manuais que utilizam um sistema de legenda *Braille*, todavia são materiais adaptados que precisam de um esforço laborioso e tempo. Portanto, ao analisar os trabalhos encontrados, é possível a produção de modelos moleculares desmontáveis - e, logo, versáteis - acessíveis a estudantes com deficiência visual, desde que seja planejado um sistema de legendas *Braille*.

Abaixo encontra-se o Quadro 1 que sintetiza as principais contribuições dos trabalhos envolvendo modelos moleculares:

Quadro 1 – Síntese dos trabalhos sobre modelos moleculares abordados na revisão

Autor(es)	Considerações Gerais
Andrade (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelos moleculares produzidos por impressora 3D para o ensino de geometria molecular ● Tamanho de átomos diferentes ● Trabalho aplicado, mas não voltado para PcDs
Toledo e Rizzatti (2021)	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelos atômicos produzidos com impressora 3D para o estudo de teorias atômicas ● Trabalho aplicado com professores e estudantes de baixa visão
Lima, Ferreira e Souza (2022)	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelo molecular produzido com impressora 3D para o ensino de química orgânica ● Modelo não desmontável ● Modelo com átomos com tamanhos diferentes ● Aplicado com estudantes com deficiência visual ● Sem legenda <i>Braille</i>
Lacerda (2017)	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelo molecular produzido com impressora 3D, sem especificar a aplicação ● Modelo para representar apenas os átomos de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio, sem tubos ligantes entre as moléculas ● Material não aplicado
Toledo, Santos e Rizzatti (2019)	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelo molecular produzido com impressora 3D para ensino de geometria molecular ● Modelo não desmontável ● Sem diferenciação entre os átomos que compõem a molécula ● Material aplicado
Maia, Duarte e Candido (2018)	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelo molecular produzido com impressora 3D para o ensino de química orgânica ● Identificação dos átomos de Carbono, Oxigênio, Nitrogênio e Hidrogênio por <i>Braille</i> e letra impressa na esfera ● Esferas com tamanhos diferentes, representando raio atômico ● Modelo desmontável e com tubos ligantes ● Material não aplicado

Fonte: elaborado pela autora (2023).

4. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da combinação dos termos “educação inclusiva”, “tecnologia assistiva”, “modelos moleculares” e “impressora 3D” na plataforma *Google Acadêmico*. Por meio desta pesquisa bibliográfica, foram avaliadas as limitações e potencialidades dos materiais supracitados, bem como identificou-se as necessidades de estudantes com deficiência visual no processo de aprendizagem dos conteúdos químicos de ligação química e geometria molecular.

Ao projetar um produto de tecnologia assistiva, as necessidades resultantes da deficiência do usuário deste produto, assim como o contexto do seu uso, norteiam o projeto da tecnologia assistiva (BERSCH, 2009). De acordo com Bersch (2009), os produtos de tecnologia assistiva também devem ser fáceis de usar, configurar/personalizar e serem duráveis. Deste modo, foram levantados os seis aspectos para a modelagem dos modelos moleculares, considerando o trabalho de Bersch (2009) e a revisão bibliográfica, apresentados no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Relação dos aspectos levados em consideração na criação do modelo molecular.

Aspectos que influenciaram a criação do modelo	Descrição
Material	Deve ser leve e resistente.
Tamanho	Deve ser confortável e leve de manusear.
Cor	Cores distintas podem auxiliar na identificação da molécula.
Textura	Deve ter texturas fáceis de identificar, assim como devem ser distinguíveis entre si.
Ângulo dos encaixes das ligações	Para representar as moléculas, os ângulos das ligações entre os átomos devem estar próximos da realidade.
Legenda	É necessário criar uma forma de identificar as texturas com uma legenda <i>Braille</i> .

Fonte: elaborado pela autora (2023).

De forma geral, o modelo molecular deve ser de tamanho adequado e leve de manusear. Além disso, ele precisa apresentar texturas para diferenciar

cada elemento que constitui uma molécula, assim como cores distintas, para facilitar a visualização em caso de estudantes de baixa visão. Essas texturas devem estar correlacionadas com uma legenda em Braille. E por fim, os ângulos de ligação das moléculas representadas precisam ser respeitados para garantir a melhor verossimilhança com a realidade.

5. MODELAGEM E PRODUÇÃO DO MODELO MOLECULAR ADAPTADO

O modelo molecular foi proposto para ser mais abrangente possível, ou seja, possibilitar a construção do máximo de moléculas com o mínimo de material. Isso acarreta que cada esfera não poderia estar estritamente relacionada a um elemento químico, diferentemente dos trabalhos de Maia, Duarte e Candido (2018) e Lacerda (2017), que associaram cada esfera a um elemento. Para que o material permitisse a maior possibilidade de moléculas, foi inicialmente pensado em um sistema de texturas e legendas.

No primeiro teste realizado, foram criadas texturas e foi testado o tamanho das esferas (Figura 1). O tamanho das esferas é semelhante aos produzidos nos trabalhos de Duarte e Candido (2018) e Lacerda (2017). O material utilizado - ácido poliláctico (PLA) - é bastante leve e apresenta resistência mecânica, ou seja, as esferas não são danificadas ao caírem no chão. Em contrapartida, por mais que visualmente as texturas sejam distinguíveis, ao utilizar apenas o tato, a diferenciação não foi tão explícita entre as 2 esferas que apresentam linhas sobressalentes (Figura 1). Além disso, essas esferas ainda não apresentavam os furos para os encaixes das ligações, que, posteriormente, poderiam prejudicar a identificação da textura.

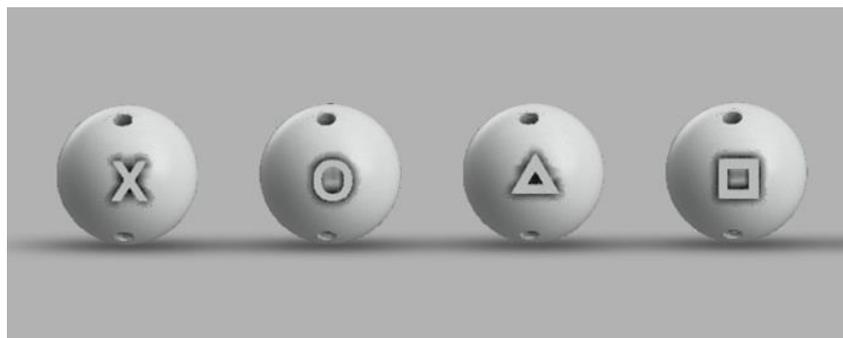
Figura 1 - Primeiro teste dos modelos moleculares.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Conseqüentemente, foi necessário elaborar uma nova estratégia de diferenciação das esferas. Assim, foi desenvolvido um sistema de símbolos em vez de texturas. A Figura 2 mostra os 4 símbolos escolhidos para as esferas.

Figura 2: Imagem do software de modelagem Fusion 360, apresentando os 4 símbolos: “xis”, “círculo”, “triângulo” e “quadrado”.

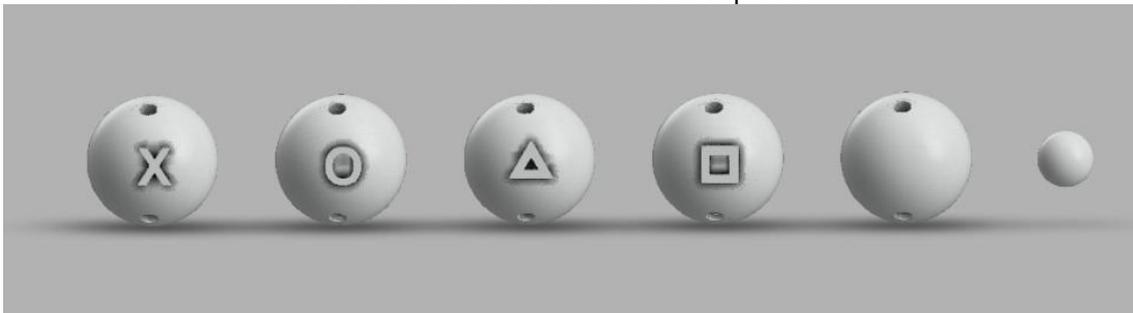


Fonte: elaborado pela autora (2023).

Estes símbolos foram impressos nas esferas, de forma semelhante ao trabalho de Maia, Duarte e Candido (2018), entretanto, são símbolos genéricos não associados estritamente a um elemento químico, diferente do trabalho de Maia, Duarte e Candido (2018), o que vai de acordo com a proposta de criar um sistema de texturas e legendas. Os símbolos genéricos precisam ser facilmente distinguíveis e simples, para não sobrecarregar o estudante com informação sensorial. Os símbolos escolhidos foram os mesmos símbolos utilizados nos controles do videogame Playstation[®]. Esses símbolos foram impressos em alto relevo no centro das esferas.

Diferentemente dos trabalhos de Lima, Ferreira e Souza (2022), Andrade (2019) e Maia, Duarte e Candido (2018), as esferas com os símbolos não possuem raios distintos entre si. Como o objetivo do modelo molecular é que cada esfera possa representar qualquer elemento químico, não seria cabível gerar esferas com tamanhos distintos para representar raios diferentes. Ademais, para aumentar a possibilidade de heteroátomos no modelo molecular, também foi adicionada uma esfera sem nenhum símbolo. Essa esfera sem símbolo foi feita com dois tamanhos de raios: um tamanho acompanhando o raio das esferas com símbolos, e uma esfera de raio menor, para representar o átomo de hidrogênio. Como o hidrogênio é um átomo comum e é o menor elemento químico, é plausível ter uma esfera menor que o represente. Todavia, o hidrogênio também pode ser representado por qualquer outra esfera, visto que o sistema de símbolo e legenda também inclui o hidrogênio. Portanto, todas as esferas deste modelo são representadas abaixo, na Figura 3.

Figura 3: Imagem do software de modelagem Fusion 360, apresentando todos os tipos de esferas do modelo molecular adaptado.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Para a escolha dos elementos químicos que já possuem legendas *Braille*, foi realizada uma seleção de elementos mais comuns no ensino de química. Diferentemente dos trabalhos de Lima, Ferreira e Souza (2022) e Maia, Duarte e Candido (2018), que focaram apenas no ensino de química orgânica, com o sistema de legendas desenvolvido, as outras áreas de química também podem ser contempladas por este modelo molecular. As traduções dos elementos químicos para o *Braille* foram realizadas pelo Centro Municipal de Educação Alternativa de Blumenau (CEMEA). Para realizar essas traduções, foi empregada a “Grafia Química *Braille* para o uso no Brasil” (2017), documento que versa sobre traduções dos termos químicos para *Braille*. Na próxima página, o Quadro 3 apresenta a lista de elementos que possuem a legenda *Braille*.

Quadro 3: Relação dos elementos químicos com legendas *Braille* e sua utilização comum.

Elementos	Geralmente Encontrado na Educação Básica
Hidrogênio	Geral
Carbono	Química Orgânica
Oxigênio	Química Orgânica e Inorgânica
Nitrogênio	Química Orgânica e Inorgânica
Enxofre	Química Orgânica
Bromo	Química Orgânica e Inorgânica
Cloro	Química Orgânica e Inorgânica
Cobre	Química Inorgânica e Eletroquímica
Ferro	Química Inorgânica e Eletroquímica
Zinco	Química Inorgânica e Eletroquímica
Prata	Química Inorgânica e Eletroquímica
Cálcio	Química Inorgânica
Sódio	Química Inorgânica
Potássio	Química Inorgânica

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Dessa forma, o modelo molecular adaptado funciona por meio de uma legenda, que indica qual é o elemento químico “xis”, “círculo”, “triângulo”, “quadrado” ou sem símbolo na molécula montada. Esta legenda é composta de uma pequena chapa com o símbolo, que é aproximada de uma outra chapa com o nome do elemento químico em *Braille*. Assim, é possível saber o que cada esfera representa por meio dessas chapas e, a cada nova molécula, cada símbolo pode ser um novo elemento químico.

Além disso, pode acontecer do estudante com deficiência visual não estar familiarizado com a linguagem *Braille*, e, portanto, os símbolos precisam ser vocalizados para este estudante, já que a legenda não tem como ser utilizada de forma autônoma. Entretanto, como os símbolos são simples, o docente consegue facilmente vocalizar o que cada esfera representa, semelhante ao

trabalho de audiodescrição das moléculas realizado por Lima, Ferreira e Souza (2022).

Com o sistema de símbolo-legenda definido, o próximo passo consistiu na escolha dos ângulos de ligação. Tomando o trabalho de Toledo, Santos e Rizzatti (2019), foram selecionados os ângulos de ligação comuns na química. O Quadro 4 resume os ângulos propostos.

Quadro 4: Relação dos ângulos de ligações e das geometrias possíveis com o modelo molecular adaptado.

Geometria Principal da Esfera	Ângulo entre todos os furos	Outras possibilidades de Geometrias com a mesma Esfera
Trigonal	~120°	Ligação Angular Distorcida, como da água
Tetraédrica	~109°	Ligação Trigonal Piramidal (109°), como da amônia
Octaédrica	~90°	Ligação Angular/Linear (180°) e Ligação Quadrado Planar (90°)

Fonte: adaptado de Toledo, Santos e Rizzatti (2019).

Como demonstra o Quadro 4, foram três tipos distintos de ângulos de ligação, sendo que cada ângulo permite mais possibilidades de geometria a serem representadas e isso reduz a quantidade de material. Diferentemente do trabalho de Toledo, Santos e Rizzatti (2019), que tem um material para cada geometria molecular, o modelo molecular com apenas 3 esferas centrais consegue produzir 7 geometrias distintas. Dessa forma, com os 14 elementos que possuem legenda *Braille*, há uma vastidão de moléculas que podem ser representadas. Isso torna o material mais versátil e economiza a quantidade de peças a serem produzidas.

Por fim, foram determinados os conectores, ou seja, a representação da ligação química. Para delimitar o trabalho desta pesquisa e a quantidade de material produzida, foi definido que o modelo não distingue ligações covalentes, iônicas e metálicas. De forma semelhante, nenhum dos trabalhos apresentados na revisão desta pesquisa realizou a distinção das ligações. Entretanto, no modelo molecular produzido, as ligações covalentes foram diferenciadas em simples, duplas e triplas, por meio de um pequeno anel no conector, sendo 1

anel correspondente à ligação simples, 2 anéis à ligação dupla e 3 anéis à ligação tripla (Figura 4). Apenas o trabalho de Maia, Duarte e Candido (2018) produziu conectores removíveis, entretanto os conectores não fazem distinção entre ligações simples, duplas e triplas. Essas diferenciações das ligações covalentes são utilizadas na química orgânica principalmente, e permitem representações de uma quantidade maior de moléculas.

Figura 4: Imagem dos conectores teste representando - da esquerda para a direita - as ligações simples, duplas e triplas.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

A modelagem e a impressão dos testes e do modelo final foi realizada com material e impressoras do laboratório de expressão gráfica - LABEX do campus Blumenau da Universidade Federal de Santa Catarina. Para realizar a modelagem, foi utilizado o software Fusion 360, da Autodesk, e para realizar a impressão foi utilizada a impressora 3D Creality Ender 3, cujo funcionamento é do tipo Fused Deposition Manufacturing¹ (FMD). Por fim, o modelo conta com 72 peças, sendo 27 esferas de diâmetro maior, 10 esferas de diâmetro menor - para o hidrogênio -, 15 conectores e 20 peças de legenda - 15 palavras mais as chapas com os símbolos/textura, todos produzidos com PVA.

¹ A modelagem de deposição fundida - numa tradução livre - é um processo de impressão 3D que se baseia na manufatura por adição. Neste processo, o filamento termoplástico é derretido e aplicado camada por camada para formar o objeto impresso

6. PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DO MATERIAL ADAPTADO

Como descrito por Johnstone (1982), a linguagem científica química é apresentada nos níveis macroscópico, microscópico e simbólico. Nos conteúdos de ligação química e geometria molecular, é necessário correlacionar estes 3 níveis representacionais para compreender o impacto das características dos elementos químicos na formação das ligações, que por sua vez interferem na geometria da molécula, e, conseqüentemente, impactam nas características físicas da substância.

Dessa forma, o modelo molecular adaptado se torna a “linguagem” na qual o estudante não vidente irá interagir com os conceitos de ligação química e geometria da molécula. Destarte, este estudante entrará em contato com os conceitos químicos por meio das representações montadas pelo docente, promovendo uma outra forma de processo de aprendizagem além de uma descrição sonora. Para demonstrar a aplicabilidade deste modelo, o Quadro 5 apresenta uma relação de algumas moléculas possíveis de serem criadas.

Quadro 5: Relação de moléculas representadas com o modelo molecular adaptado.

Nome Comum ou Molécula	Considerações
Diamante	<ul style="list-style-type: none">• Geometria molecular tetraédrica• Ligações covalentes entre os carbonos• Aplicável no conteúdo de alotropia• Aplicável numa aula sobre minerais e química
Amônia	<ul style="list-style-type: none">• Geometria molecular trigonal piramidal• Ligações covalentes• Aplicável no conteúdo de bases• Aplicável na explicação da síntese da ureia• Aplicável no ciclo do nitrogênio
Água	<ul style="list-style-type: none">• Geometria molecular angular• Ligações covalentes• Aplicável no conteúdo de reações (formação da molécula de água a partir do gás oxigênio e gás hidrogênio)
Gás Oxigênio	<ul style="list-style-type: none">• Geometria molecular linear• Ligação covalente• Aplicável no estudo dos gases• Aplicável no conteúdo de reações (formação da molécula de água a partir do gás oxigênio e gás hidrogênio)

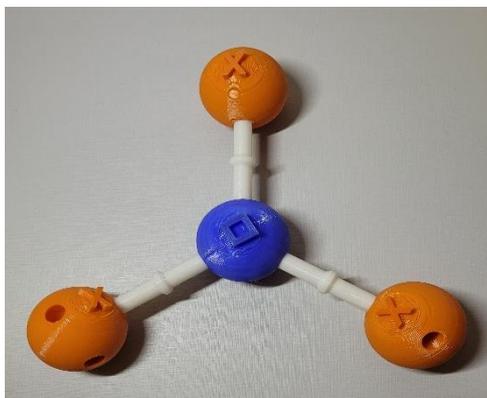
Continua...

Nome Comum ou Molécula	Considerações
Cloreto de Hidrogênio	<ul style="list-style-type: none"> ● Geometria molecular linear ● Ligação covalente ● Aplicável no conteúdo de ácidos
Metano	<ul style="list-style-type: none"> ● Geometria molecular tetraédrica ● Ligações covalente ● Aplicável no conteúdo de hidrocarbonetos ● Aplicável em uma aula sobre efeito estufa
Dióxido de Nitrogênio	<ul style="list-style-type: none"> ● Geometria molecular linear ● Ligações covalentes ● Aplicável no estudo sobre ciclo do nitrogênio e efeito estufa
Peróxido de Hidrogênio	<ul style="list-style-type: none"> ● Ligações covalentes ● Aplicável no conteúdo de peróxidos ● Aplicável em uma aula sobre medicamentos
Cloreto de Sódio	<ul style="list-style-type: none"> ● Possível representar o centro da célula unitária da rede cristalina ● Ligações iônicas ● Aplicável no conteúdo de sais ● Aplicável no conteúdo de ligação iônica
Benzeno	<ul style="list-style-type: none"> ● Geometria dos carbonos - trigonal ● Ligações covalentes ● Aplicável no conteúdo de hidrocarbonetos e aromaticidade
Dióxido de carbono	<ul style="list-style-type: none"> ● Geometria molecular linear ● Ligações covalente ● Aplicável no conteúdo de reações ● Aplicável em uma aula sobre efeito estufa
Ozônio	<ul style="list-style-type: none"> ● Geometria molecular angular distorcida ● Ligação covalente ● Aplicação em uma aula sobre o efeito estufa
Ácido acético	<ul style="list-style-type: none"> ● Ligações covalente ● Aplicação no conteúdo de ácidos fracos ● Aplicação no conteúdo de funções orgânicas
Metanol	<ul style="list-style-type: none"> ● Ligações covalente ● Aplicação no conteúdo de ácidos fracos ● Aplicação no conteúdo de funções orgânicas
Propano e Butano	<ul style="list-style-type: none"> ● Ligações covalente ● Aplicação no conteúdo de hidrocarbonetos ● Aplicação em uma aula sobre a química na cozinha

Fonte: elaborado pela autora (2023)

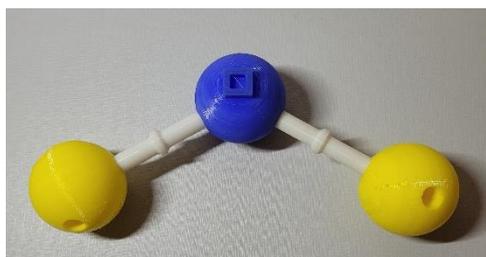
Como é possível ver no Quadro 5, há uma variedade de moléculas que podem ser representadas e aplicadas em diversos contextos. As Figuras 5 (a-h) representam as geometrias possíveis com este modelo molecular adaptado.

Figura 5.a: Representação da geometria trigonal plana.



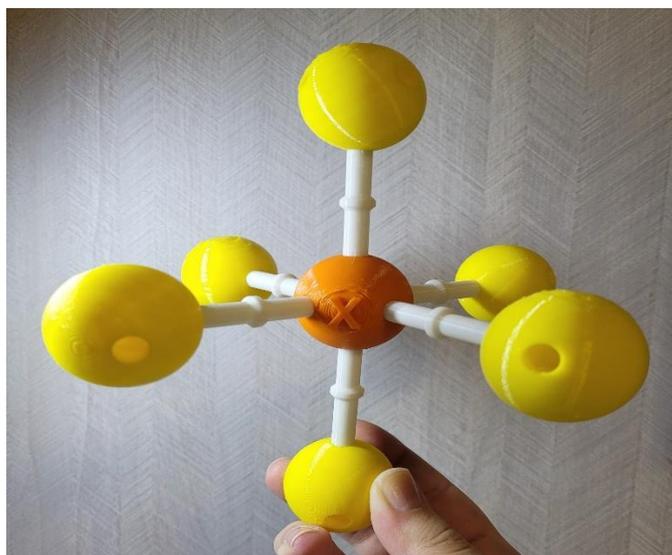
Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.b: Representação da geometria angular.



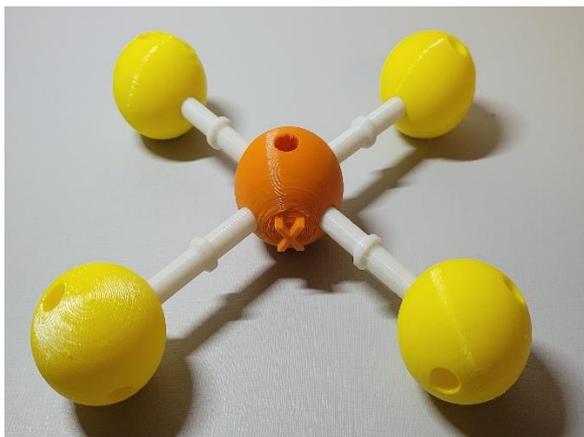
Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.c: Representação da geometria octaédrica.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.d: Representação da geometria quadrado planar.



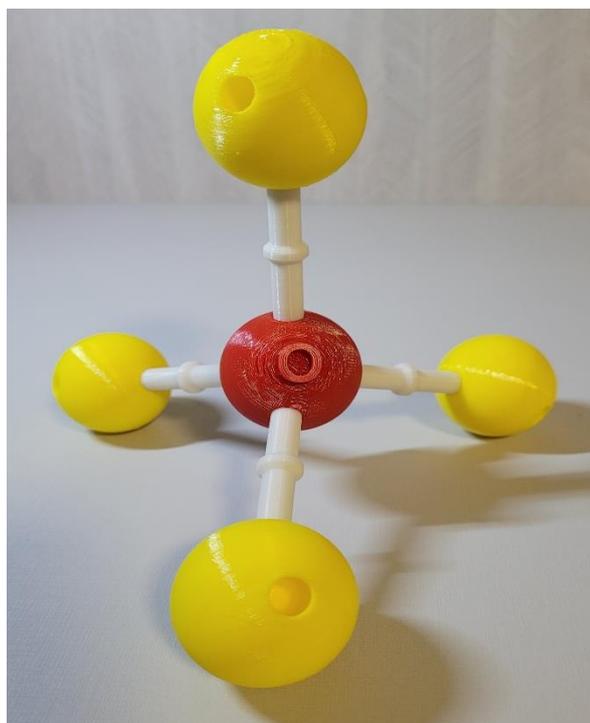
Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.e: Representação da geometria linear.



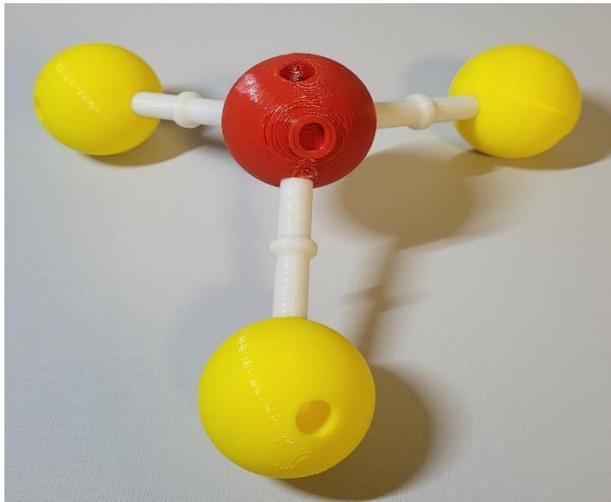
Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.f: Representação da geometria tetraédrica.



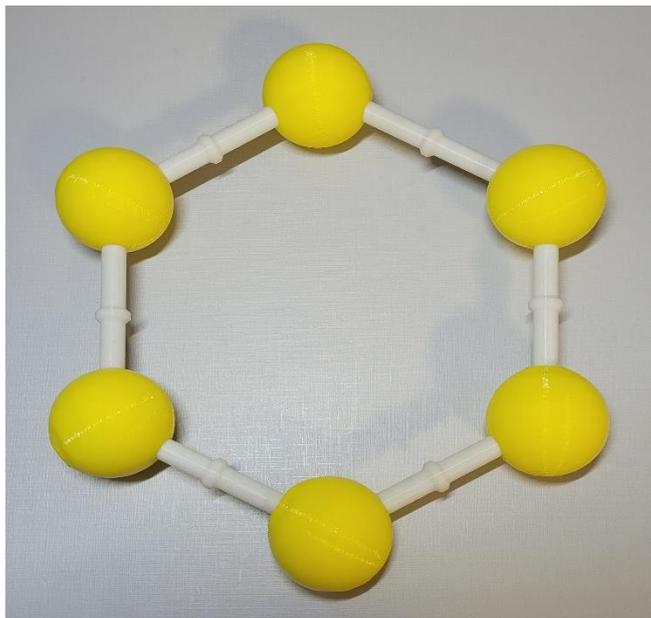
Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.g: Representação da geometria trigonal piramidal.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Figura 5.h: Representação de um ciclo de seis átomos.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação inclusiva é imprescindível para a criação de uma sociedade mais igualitária, onde pessoas com deficiência tenham vez e voz. Desde o ensino básico, deve ser garantido às pessoas com deficiência o acesso à educação, e, principalmente, o acesso ao conhecimento científico. Desta forma, é imprescindível que mais tecnologias assistivas educacionais sejam construídas pensando nas necessidades destes estudantes, para que eles de fato tenham acesso ao conhecimento científico. É perceptível que ainda há um grande caminho na produção de tecnologias assistivas educacionais para o ensino de química, principalmente para estudantes com deficiência visual. A impressora 3D pode ser uma grande aliada na produção de materiais educacionais adaptados duráveis.

O modelo molecular adaptado produzido buscou maximizar a versatilidade para o professor e a autonomia do estudante. Com o sistema de legendas em *Braille* e símbolos simples para identificar os átomos, o modelo molecular com menos de 100 peças é capaz de contemplar uma infinidade de moléculas, e se mostra uma ferramenta para formação conceitual química de fenômenos de nível microscópico para os estudantes com deficiência visual. De forma geral, o modelo molecular produzido atendeu os seis aspectos estipulados no Quadro 2.

Por mais que o modelo molecular produzido seja voltado para estudantes com deficiência visual, este material é aplicável com qualquer estudante. Dessa forma, o material se aproxima do desenho universal para a aprendizagem (DUA), ou seja, um material acessível à todas as deficiências. O modelo molecular auxilia os estudantes com deficiência cognitiva, visto que estes geralmente necessitam de conceitos e visualizações mais concretas, e também, como o modelo é fácil de vocalizar os símbolos da legenda, é fácil de traduzir para a Libras, em caso de estudantes com deficiência auditiva. A única ressalva é com relação a deficiência física, pois por mais que o modelo molecular seja leve, e, portanto, fácil de manusear, o encaixe das peças necessita de maior força.

Os maiores desafios da pesquisa se deram em dois momentos: na modelagem e na impressão da legenda. Na modelagem, a dificuldade foi criar

os furos para encaixar os conectores nos ângulos certos. Com relação às legendas, os bulbos da escrita Braille se soltavam da placa, pois estes bulbos são muito pequenos.

Para melhor avaliar as potencialidades e limitações do modelo molecular adaptado, é imprescindível que seja avaliado por profissionais da área do ensino de química e profissionais do atendimento especializado. Posteriormente, é necessário aplicar o modelo molecular adaptado a um grupo de estudantes com deficiência visual, ao entrarem em contato com os conteúdos de ligação química, geometria molecular e isomeria.

Futuramente, é essencial a expansão do modelo. Por exemplo, é interessante criar conectores diferentes para as ligações iônicas e metálicas, assim como ampliar os elementos químicos que possuem legenda em *Braille*. Além disso, este modelo molecular adaptado também pode vir a ser utilizado no ensino técnico e superior, desde que o modelo seja ampliado para atender mais conceitos químicos.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Neli Oliveira de. **Modelos confeccionados em impressora 3D para o ensino de geometria molecular em química**. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

BATISTA, B. M. **Ensino e Aprendizagem de Química Orgânica na visão dos professores do ensino médio e superior**. 2018. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; VILELA-RIBEIRO, E. B. Educação Inclusiva, ensino de Ciências e linguagem científica: possíveis relações. **Revista Educação Especial**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 83–92, 2014. DOI: 10.5902/1984686X7687. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/7687>. Acesso em: 27 mai. 2023.

BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C.; BONOMO, F. A. F.; VARGAS, G. N.; ARAÚJO, R. J. S. e ALVES, D. R. A experimentação no ensino de química para deficiente visual com uso de tecnologia assistiva: o termômetro vocalizado. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 245-249, 2017.

BERSCH, R. C. R. **Design de um serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas**. 2009. 231 f. Tese (Doutorado) - Curso de Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BLANCO, Rosa; DUK, Cynthia. A integração de alunos com necessidades especiais na região da América Latina e Caribe: situação atual e perspectivas. In: MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **A integração de pessoas com deficiência: contribuições para uma reflexão sobre o tema**. São Paulo: Menmon/ed. Senac, 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 20 mar. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004**. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 20 mar. 2023.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia Assistiva**. – Brasília: CORDE, 2009.

BRASIL. **Lei nº 14.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 20 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Grafia Química Braille para Uso no Brasil**. 3. ed. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão – Brasília: SECADI, 2017.

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

BRUCE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CARVALHO, A. S.; BUENO, S. G.; SILVA, A. F. A. Concepções dos estudantes sobre o conceito de ligação química. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, Associação brasileira de pesquisa em educação em ciências, 2009. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1208.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CAVALCANTI, C. D. M.; SANTOS, M. B. H. Confecção de modelos moleculares para deficientes visuais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA, 2., 2016, Campina Grande. **Anais eletrônicos...** Campina Grande: CEMEP, 2016. Disponível em: http://editorarealize.com.br/revistas/cintedi/trabalhos/TRABALHO_EV060_MD1_SA16_ID7_81_01092016225619.pdf. Acesso em: 05 jun. 2023.

CHASSOT, A. Sobre prováveis modelos de átomos. **Química Nova na Escola**, [s. l], p. 3-3, maio 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2023.

DUARTE, C. C. C.; ROSSI, A. V. Ensino de Química para pessoas com deficiência visual: Mapeamento e investigação de produções no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [S. l], v. 20, n. 3, p. 396-421, 2021.

EICH, M. S. Vygotsky e a pessoa com deficiência visual: reflexões iniciais. In: FERNANDES, A. C.; SILVEIRA, J. P. B.; DALSOTTO, M. P. B. (Orgs.). **Escritos sobre a Educação**. 37 ed. Caxias do Sul: Educus, 2019, p. 41-46.

FARIAS, F. M. C. de; DEL-VECCHIO, R. R.; CALDAS, F. R. R.; GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Construction of a Molecular Model: a mathematical-chemical interdisciplinary approach in the secondary education. **Revista Virtual de**

Química, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 849-863, 2015. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150043>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FERRARI, A. L. M.; SANTOS, A. D. P. dos; SOUZA, T. M. C. G. P. de; MEDOLA, F. O. IMPRESSÃO 3D E TECNOLOGIA ASSISTIVA: um estudo de análise da produção científica nos últimos dez anos. **Human Factors In Design**, [S.L.], v. 8, n. 16, p. 51-63, 18 nov. 2019. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/2316796308162019051>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 20-24, nov. 2006.

FORD, S.; MINSHALL, T. Invited review article: where and how 3d printing is used in teaching and education. **Additive Manufacturing**, [S.L.], v. 25, p. 131-150, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IFSP Campinas disponibiliza modelo de Química Orgânica para impressão em 3D. PortallFSP Campinas. Disponível em: <<https://portal.cmp.ifsp.edu.br/index.php/noticias/500-ifsp-campinas-disponibiliza-modelo-de-quimica-organica-para-impressao-em-3d>>. Acesso em: 22 mai. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, 1982, p. 377-379.

LACERDA, J. N. **A impressão 3D como estratégia de ensino e aprendizagem em química na educação básica.** Niterói, 2017. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, 2017.

LEÃO, G.; CARMO, H. C. **O Jovem e a Escola.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 44 p. Organizadores: Licinia Maria Correa, Maria Zenaide Alves, Carla Linhares Maia.

LIMA, A. M. Q. S.; FERREIRA, J. E. V.; SOUZA, R. F. Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3d e audiodescrição. **Actio: Docência em Ciências**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 1-23, 17 ago. 2022. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v7n2.15387>. Acesso em: 30 mai. 2023.

LOURENÇO, I. M. B. **Ensino de Química:** proposição e testagem de materiais para cegos. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Interunidades de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MARTINS, M. G.; FREITAS, G. F. G.; VASCONCELOS, P. H. M. A DIFICULDADE DOS ALUNOS NA VISUALIZAÇÃO DE MOLÉCULAS EM TRÊS DIMENSÕES NO ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 45-53, 24 jul. 2020. IFCE. <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v14i3.1400>. Acesso em: 25 mar. 2023.

NASCIMENTO, T. S. **A TECNOLOGIA ASSISTIVA NO ENSINO DE QUÍMICA PARA CEGOS**: interfaces para construção das representações mentais. 2020. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Cap. 2.

NUERNBERG, A. H. Contribuições de Vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual. **Psicologia em Estudo**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 307-316, jun. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-73722008000200013>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PASTORIZA, B. dos S.; KRUGER, R. Ferramentas assistivas no ensino de Química para estudantes com deficiência visual. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 47–65, 2021. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/3921>. Acesso em: 25 mar. 2023.

PINHO, F. V. A. de. **A utilização da impressão 3d na educação de alunos portadores de deficiência visual**. E-book VII CONEDU (Conedu em Casa) - Vol 02... Campina Grande: Realize Editora, 2021. p. 506-519. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74167>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

REZENDE, G. A. A.; AMAURO, N. Q.; RODRIGUES FILHO, G. Desenhando Isômeros Ópticos. **Química Nova na Escola**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 133-140, 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160018>. Acesso em: 30 mai. 2023.

ROCHA, K. N.; ALMEIDA, N. M.; SOARES, C. R. G.; SILVA, L. F. M. S. Q-LIBRAS: um jogo educacional para estimular alunos surdos à aprendizagem de Química. **Revista Educação Especial**, [S. l.], v. 32, p. e114/ 1–14, 2019. DOI: 10.5902/1984686X32977. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/32977>. Acesso em: 27 mar. 2023.

RUPPEL, C.; HANSEL, A. F.; RIBEIRO, L. Vygotsky e a defectologia. **Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 11-24, 10 jul. 2021. Faculdade de Filosofia e Ciências. <http://dx.doi.org/10.36311/2358-8845.2021.v8n1.p11-24>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SCALCO, K. C.; PINHEIRO, B. S.; PIETRO, G. M.; KIILL, K. B. “O Modelo Molecular Adaptado e o desenvolvimento da noção da Tridimensionalidade.” In: Encontro Nacional de Ensino de Química e Encontro de Educação Química da Bahia, 16., 10., 2012, Salvador. **Anais [...]** Salvador: SBQ, 2012. p. 1-11.

TOLEDO, K. C.; RIZZATTI, I. M. Modelos atômicos e a impressora 3D: proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n. 2, p. 473-485, set. 2021.

TOLEDO, K. B.; SANTOS, B. M.; RIZZATTI, I.M. O uso da impressora 3D na construção de geometrias moleculares como uma proposta didática no ensino de química, adaptado para pessoas com deficiência visual. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 6., 2019, Fortaleza -CE. **Anais eletrônicos**, [s.l.]. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/61685>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTANA, G.; BENITEZ, P.; MORI, R. C. Ensino de Química e Inclusão na Educação Básica: Mapeamento da Produção Científica Nacional. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], p. 1–27, 2021. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2021u475501. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/24795>. Acesso em: 25 mai. 2023.

SILVA NETO, A. de O.; ÁVILA, É. G.; SALES, T. R. R.; AMORIM, S. S.; NUNES, A. K. F.; SANTOS, V. M. Educação inclusiva: uma escola para todos. **Revista Educação Especial**, [S. l.], v. 31, n. 60, p. 81–92, 2018. DOI: 10.5902/1984686X24091. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/24091>. Acesso em: 27 mar. 2023.

SILVA, R. P. da. **A Tabela Periódica como Tecnologia Assistiva na Educação de Química para Discentes Cegos e com Baixa Visão**. 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica). Programa de Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2017.

TOSTES, J. G. Estrutura Molecular: o conceito fundamental da química. **Química Nova na Escola**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 17-20, maio 1998.