

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

YASMIM MESQUITA VALADARES

**O ESTUDO DE LIGAÇÕES COVALENTES E O CONCEITO DE
COMPARTILHAMENTO DE ELÉTRONS: UMA PROPOSTA PARA ESTUDANTES
COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

Ouro Preto

2026

YASMIM MESQUITA VALADARES

**O ESTUDO DE LIGAÇÕES COVALENTES E O CONCEITO DE
COMPARTILHAMENTO DE ELÉTRONS: UMA PROPOSTA PARA ESTUDANTES
COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Química da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito final para obtenção do
título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof^ª. Dra Sandra de Oliveira Franco
Patrocínio

Coorientadora: Prof^ª. Me. Liliane Maria Vieira Silva

Ouro Preto

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V136e Valadares, Yasmim Mesquita.

O estudo de ligações covalentes e o conceito de compartilhamento de elétrons [manuscrito]: uma proposta para estudantes com deficiência visual. / Yasmim Mesquita Valadares. - 2026.

61 f.: il.: color..

Orientadora: Profa. Dra. Sandra de Oliveira Franco Patrocínio.

Coorientadora: Profa. Ma. Liliane Maria Vieira Silva.

Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Química .

1. Ligações químicas. 2. Pessoas com deficiência visual. 3. Educação inclusiva. 4. Material didático. I. Patrocínio, Sandra de Oliveira Franco. II. Silva, Liliane Maria Vieira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 544:376

Bibliotecário(a) Responsável: Renata Mara de Almeida - CRB-6: 2507



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Yasmim Mesquita Valadares

O estudo de ligações covalentes e o conceito de compartilhamento de elétrons: uma proposta para estudantes com deficiência visual

Monografia apresentada ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de licenciada em Química

Aprovada em 09 de fevereiro de 2026

Membros da banca

Doutora - Sandra de Oliveira Franco Patrocínio - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Mestre - Liliane Maria Vieira Silva - Coorientadora - Universidade Federal de Viçosa
Doutor - Wanderson Diogo Andrade da Silva - Universidade Estadual do Ceará
Doutora - Clarissa Rodrigues - Universidade Federal de Ouro Preto

Sandra de Oliveira Franco Patrocínio, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 27/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Rodrigues, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/09/2026, às 13:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1193118** e o código CRC **24608F9D**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.010161/2026-46

SEI nº 1193118

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591707 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que esteve comigo em todos os momentos dessa caminhada. Foi Ele quem me sustentou nos períodos mais difíceis, quando pensei que não conseguiria seguir adiante e quando tudo parecia complexo demais. Muitas vezes, aquilo que inicialmente parecia impossível acabava fluindo, e o resultado se tornava motivo de orgulho, como aconteceu com este trabalho. Tenho certeza de que, sem Deus ao longo de toda a minha trajetória acadêmica, especialmente durante a graduação, esse percurso teria sido muito mais desafiador.

Agradeço ao meu marido, que esteve ao meu lado durante toda essa caminhada. Ele acompanhou de perto meus momentos de angústia, insegurança e também minhas conquistas. Sempre esteve disposto a ajudar, ouvir, apoiar e contribuir com ideias que agregaram não apenas a este trabalho, mas à minha formação como um todo. Sua presença foi essencial para tornar esse processo mais leve e possível.

Agradeço à minha orientadora Sandra e à minha coorientadora Liliane, por aceitarem a orientação e a coorientação deste trabalho. Este trabalho me permitiu aprofundar meus estudos na temática da Educação Inclusiva, área com a qual tenho bastante afinidade e que, ao longo da construção deste trabalho, passou a despertar ainda mais meu interesse e envolvimento. Esse processo contribuiu significativamente para minha formação acadêmica e para a consolidação do meu olhar enquanto futura professora.

Agradeço também à professora Clarissa, responsável pela disciplina de TCC II, que ao longo desse percurso buscou sempre orientar e esclarecer as etapas do trabalho. Sua postura acolhedora, disposição para ouvir e orientar, foi fundamental para que esse processo se tornasse mais organizado e tranquilo.

Agradeço, ainda, ao Laboratório de Catálise (LABCAT), onde realizei iniciação científica por três anos. Essa experiência foi fundamental para a minha formação acadêmica e pessoal, proporcionando aprendizados que levarei comigo. Muitas das vivências e experiências adquiridas ao longo da graduação foram possíveis graças às oportunidades oferecidas pelo laboratório. Em especial, agradeço às professoras Camila Grossi e Kelly Rocha, pela confiança, orientação e pelos aprendizados construídos ao longo dessa etapa, que foi essencial para a consolidação da minha bagagem acadêmica.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para essa trajetória, meus agradecimentos.

RESUMO

A Educação Inclusiva tem se consolidado como um princípio fundamental no sistema educacional brasileiro, demandando práticas pedagógicas que assegurem condições equitativas de aprendizagem para todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiência visual. No ensino de Química, esse desafio é ampliado em função do caráter abstrato dos conteúdos e do uso predominante de representações visuais. Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma sequência didática inclusiva sobre o conteúdo de ligações covalentes, associada ao aprimoramento de um material didático tátil voltado a estudantes com deficiência visual empregando materiais de baixo custo e de fácil reprodução. A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza básica, com abordagem exploratória e descritiva, fundamentada em um levantamento bibliográfico sobre deficiência visual e Ligações Químicas. Atrelado a isso, foi proposto um material tátil que busca favorecer a compreensão do conceito de compartilhamento de elétrons, permitindo a representação de ligações simples, duplas e triplas por meio da exploração tátil. Além disso, a sequência didática apresentada tem como finalidade orientar o uso pedagógico do material em sala de aula, enfatizando a mediação docente e a acessibilidade metodológica. Espera-se que a proposta contribua para práticas pedagógicas inclusivas no ensino de Química, ampliando as possibilidades de acesso conceitual aos conteúdos por estudantes com deficiência visual.

Palavras-chave: Deficiência visual; Material tátil; Ligações covalentes.

ABSTRACT

Inclusive Education has become established as a fundamental principle within the Brazilian educational system, requiring pedagogical practices that ensure equitable learning conditions for all students, including those with visual impairments. In Chemistry education, this challenge is intensified due to the abstract nature of the content and the predominant use of visual representations. In this context, the present study aims to develop an inclusive didactic sequence on covalent bonding, associated with the improvement of a tactile didactic material aimed at students with visual impairments, using low-cost and easily reproducible materials. The research is characterized as qualitative, basic in nature, with an exploratory and descriptive approach, grounded in a bibliographic review on visual impairment and Chemical Bonding. In connection with this, a tactile material was proposed that seeks to promote the understanding of the concept of electron sharing, allowing the representation of single, double, and triple bonds through tactile exploration. In addition, the didactic sequence presented aims to guide the pedagogical use of the material in the classroom, emphasizing teacher mediation and methodological accessibility. It is expected that the proposal will contribute to inclusive pedagogical practices in Chemistry education, expanding the possibilities of conceptual access to content for students with visual impairments.

Keywords: Visual impairment; Tactile material; Covalent bonding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Níveis do conhecimento científico.....	18
Figura 2 - Diagrama de Pauling.....	23
Figura 3 - Representação esquemática da ligação iônica entre um metal (M) e um não metal (Nm).....	24
Figura 4 - Representação espacial do NaCl denominado retículo cristalino.....	25
Figura 5 - Representação esquemática da ligação covalente entre não metais.....	26
Figura 6 - Diferentes representações para compostos moleculares e tipos de ligações covalentes.....	26
Figura 7 - Potencial eletrostático da molécula de HF.....	27
Figura 8 - Ilustração esquemática dos cátions do metal envoltos em uma “nuvem” de elétrons	28
Figura 9 - Material tátil desenvolvido para o ensino de ligação covalente, para representar a molécula de N ₂	41
Figura 10 - Representação do compartilhamento de elétrons entre os átomos de nitrogênio (N) para a formação da molécula de N ₂	41
Figura 11 - Material tátil desenvolvido para o ensino de ligações iônicas. Abaixo está a representação do composto iônico NaCl.....	42
Figura 12 - Base do material tátil desenvolvido para o ensino de ligações covalentes após aprimoramentos.....	43
Figura 13 - Esferas de isopor texturizadas utilizadas para diferenciação dos átomos.....	44
Figura 14 - Representação das ligações simples, dupla e tripla com diferenciação tátil entre ligações sigma e pi.....	45
Figura 15 - Encaixes para delimitar as canaletas não utilizadas do material tátil.....	46
Figura 16 - Representação das moléculas propostas utilizando o material tátil.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 Deficiência Visual: Definições e Desafios da Educação Inclusiva.....	13
2.2 Modelos no ensino de Química e a acessibilidade pedagógica: o tato como ferramenta cognitiva na aprendizagem de estudantes com deficiência visual.....	16
2.3 Ligações Químicas.....	21
2.3.1 Teoria eletrônica de Valência.....	22
2.3.2 Ligação iônica.....	24
2.3.3 Ligação covalente.....	25
2.3.3.1 Polaridade das ligações covalentes.....	27
2.3.4 Ligação metálica.....	28
2.4 Concepções alternativas sobre a temática de Ligações Químicas.....	28
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 Natureza da pesquisa.....	32
3.2 A coleta de dados.....	33
3.3 Produto Educacional.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Levantamento bibliográfico.....	36
4.2 Material tátil para o ensino de ligação covalente.....	40
4.3 Proposta de sequência didática para a utilização do material tátil.....	46
4.3.1 Aula 1: Compreendendo o significado de “compartilhar” nas ligações covalentes.....	47
4.3.2 Aula 2: Utilizando o material tátil para avaliar a compreensão do conceito de compartilhamento nas ligações covalentes.....	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
7 APÊNDICE.....	62

1 INTRODUÇÃO

No final do século XX e ao longo do século XXI a ideia de uma escola verdadeiramente inclusiva para todos tem deixado de ser apenas um ideal e passado a ocupar lugar de destaque nos debates educacionais (Unesco, 1994; Brasil, 1996; Brasil, 2015). Diante de diversas transformações sociais, culturais e políticas, o conceito de inclusão escolar tem ganhado força, buscando promover a ruptura de modelos tradicionais de ensino baseados na homogeneização e na exclusão de sujeitos que, por suas particularidades, antes eram considerados “fora do padrão”.

Diferentemente da Educação Especial, que foca apenas nos estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e superdotação, por meio do atendimento educacional especializado, (INEP, 2024), a Educação Inclusiva propõe uma transformação mais ampla no sistema educacional (Brasil, 2006). Ela não se limita a inserir estudantes do Público da Educação Especial (PEE) em salas regulares, mas pensar uma educação que respeite a diversidade dos estudantes e suas especificidades, trazendo metodologias e recursos didáticos que os auxiliem na compreensão dos conteúdos, promovendo uma troca de experiências e conhecimentos entre os envolvidos independente de suas condições.

De acordo com Mantoan (2006), incluir não é um favor, nem um ato de generosidade, mas o reconhecimento de um direito que não pode mais ser negado. Além disso, não deveria ser necessário que os estudantes PEE se adaptem às escolas para que exerçam seu direito à educação, mas que o contrário seja colocado em prática, ou seja, que as escolas reflitam suas práticas pedagógicas para que os estudantes PEE possam ter acesso a ela sem segregação, colocando assim a Educação Inclusiva em prática (Mantoan, 2003).

Diante disso, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Brasil, 1996), o capítulo V artigo 59 determina que é dever das escolas assegurar ao PEE, currículos e metodologias que atendam às suas necessidades específicas, além de garantir professores especializados para que esses critérios de fato se cumpram em classes regulares.

Pensando nisso, é importante destacarmos que a educação de qualidade é um direito previsto por lei para todos (Brasil, 1988), sem distinção de condições físicas e sociais e para que isso seja possível de ser colocado em prática, é fundamental que as instituições se comprometam com princípios de equidade e valorização da diversidade, alinhado às contribuições de Mantoan (2006), que destaca a importância de reconhecer e valorizar a presença da diferença no contexto da sala de aula para compreender que as diferenças entre os

estudantes não representam obstáculos à aprendizagem, mas oportunidades de enriquecimento pedagógico.

Nessa perspectiva, a Conferência Mundial de Educação Especial realizada em 1994 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), foi essencial no que diz respeito ao avanço da educação para estudantes PEE. Foi a partir dela que se elaborou a Declaração de Salamanca (Unesco, 1994), documento internacional, do qual o Brasil é um país signatário, que defende que cada criança vivencia o processo de aprendizagem de maneira única, carregando diferentes potenciais e desafios, e que, por isso, os sistemas educacionais devem ser planejados de forma flexível para atender essa pluralidade. Além disso, afirma que os estudantes com demandas educacionais devem participar da escola comum, que precisa reorganizar suas práticas e adotar metodologias centradas no estudante, de modo a garantir que suas necessidades sejam efetivamente contempladas.

Dessa forma, tanto a Declaração de Salamanca (Unesco, 1994) quanto a LDB (Brasil, 1996) compartilham as mesmas premissas ao defender que a escola comum deve ser o espaço privilegiado para a construção de uma educação inclusiva, que valorize a diversidade e as potencialidades individuais, exigindo formação docente adequada, práticas pedagógicas flexíveis e o compromisso coletivo com o direito de todos à aprendizagem. Nesse contexto, é fundamental compreender as especificidades de cada público atendido pela educação inclusiva, entre eles os estudantes com deficiência visual (DV).

Considerando essa perspectiva, o ensino de Química apresenta desafios particulares, pois grande parte de seus conteúdos envolve conceitos abstratos, linguagem simbólica e representações que geralmente dependem de recursos predominantemente visuais, como fórmulas, modelos estruturais e diagramas (Johnstone, 1991). Essa natureza abstrata da disciplina, torna o processo de aprendizagem ainda mais complexo para estudantes com DV.

Pensando nesses desafios, o presente trabalho delimita seu foco no estudo das ligações covalentes, especialmente nos conceitos de compartilhamento envolvidos nesse tipo de interação. Para isso, acreditamos que os modelos exercem um papel fundamental já que esse é um dos conteúdos abstratos da Química, exigindo a representação de estruturas e conceitos que não podem ser observados diretamente. Esses recursos permitem que tais conceitos sejam compreendidos por todos os públicos, principalmente quem tem DV, pois tornam possível transformar ideias que normalmente existem apenas no plano simbólico em algo palpável e manipulável. Quando o estudante pode tocar, explorar texturas, perceber formas e estabelecer

relações espaciais por meio do tato, ele passa a construir significados que antes seriam inacessíveis apenas pela explicação oral. Por isso, desenvolver estratégias acessíveis e metodologias que transcendam o suporte visual torna-se essencial para garantir que os estudantes com DV tenham condições equitativas de compreender os fenômenos químicos e participar ativamente das aulas.

Ademais, compartilhamos das ideias de Vygotsky, que afirma que a deficiência visual (DV) se torna um impedimento somente se a sociedade não der as condições necessárias para que o sujeito participe ativamente

[...] a cegueira e a surdez como defeito físico permanecerão ainda por muito tempo na Terra. O cego seguirá sendo cego e o surdo, surdo, mas eles deixarão de ser pessoas com defeito, porque a deficiência é um conceito social [...] A cegueira por si só não faz da criança uma pessoa com defeito, não é uma deficiência, quer dizer uma insuficiência, uma menos-valia, uma enfermidade. A cegueira se converte em deficiência só em certas condições sociais de existência do cego (Vygotsky, 1989, p. 60).

Essa perspectiva reforça que a aprendizagem não depende apenas das características individuais do estudante, mas sobretudo das condições pedagógicas que lhe são oferecidas. Assim, cabe à escola criar ambientes que removam barreiras e possibilitem a participação efetiva de todos. É nesse sentido que este trabalho se propõe a desenvolver um recurso tátil e uma proposta didática para o ensino de ligações covalentes, a fim de contribuir para ampliar a autonomia dos estudantes com DV no estudo das ligações covalentes.

A escolha por desenvolver esse recurso e aprofundar os estudos na área da Educação Inclusiva não ocorreu de forma indeterminada, mas foi construída ao longo da minha formação inicial, a partir de experiências que despertaram reflexões sobre a importância da acessibilidade no ensino de Química. O interesse em trabalhar com essa temática teve origem em uma experiência vivenciada durante minha graduação em Licenciatura em Química, na disciplina de Metodologia IV (QUI284). Em uma das atividades, foi proposto a elaboração de um material didático voltado ao ensino de Química inclusivo e optei por desenvolver um recurso destinado a estudantes com deficiência visual. Em conjunto com os integrantes do meu grupo, elaboramos uma tabela periódica tátil para o ensino das propriedades periódicas, como o raio atômico e a eletronegatividade. Essa atividade representou meu primeiro contato com o ensino de Química voltado a estudantes cegos e despertou em mim o interesse em aprofundar os estudos sobre práticas pedagógicas inclusivas para DV, o que motivou a escolha deste tema para o presente trabalho.

Essa primeira experiência consolidou meu interesse em compreender mais profundamente as demandas específicas do ensino de Química para estudantes com DV e

ampliou meu olhar sobre a importância de práticas acessíveis no contexto escolar. Foi nesse movimento de aproximação com a temática que surgiu uma nova oportunidade de aprofundamento: uma professora de Química do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – Campus Ouro Preto, procurou a orientadora deste trabalho em busca de apoio para ensinar Ligações Químicas a um estudante cego que estava presente em sua turma. A partir dessa demanda, foi desenvolvido um modelo tátil utilizando materiais de baixo custo, que, embora funcional, foi elaborado em curto prazo e ainda apresentava potencial para aperfeiçoamentos.

Ao conhecer esse material e perceber suas limitações, fui motivada a dar continuidade ao trabalho, aprimorando o recurso, além de propor uma sequência didática que orientasse sua aplicação em sala de aula. A escolha de propor uma sequência didática também se justifica pela escassez de estudos que, além de criar materiais táteis, ofereçam orientações pedagógicas estruturadas para seu uso.

Escolhemos essa temática para ser abordada no material didático pois uma das concepções alternativas mais corriqueiras acerca das Ligações Químicas é a confusão entre ligação iônica e ligação covalente como bem destacado por Fernandez e Marcondes (2006), no qual os estudantes acreditam que os compostos covalentes se comportam como os compostos iônicos, transferindo os elétrons a compartilharem entre si. Esse fato fez com que pudéssemos identificar uma lacuna que precisa ser trabalhada com os estudantes sendo ela o significado de “compartilhar” na Química.

Por fim, o presente trabalho foi dividido em Introdução, Revisão da Literatura, Objetivos, Metodologia, Resultados e Discussões e Considerações Finais. Inicialmente, na Revisão da Literatura, são discutidos os principais conceitos relacionados à Educação Inclusiva, à deficiência visual e aos desafios enfrentados no contexto escolar, bem como reflexões sobre o ensino de Química e a importância do uso de recursos táteis como mediadores da aprendizagem. Nessa parte, também são abordados os conceitos fundamentais das Ligações Químicas, com ênfase nas ligações covalentes, além das principais dificuldades recorrentes associadas a esse conteúdo.

Na sequência, são apresentados os objetivos que orientam o desenvolvimento deste trabalho. Como objetivo geral, busca-se elaborar uma sequência didática inclusiva sobre o conteúdo de ligações covalentes, empregando um material didático acessível voltado a estudantes com deficiência visual.

Para alcançar esse propósito, foram definidos como objetivos específicos: i) realizar um levantamento bibliográfico com o intuito de identificar trabalhos que abordem o ensino de

Ligações Químicas para estudantes com deficiência visual, analisando suas potencialidades e limitações; ii) aprimorar um material didático acessível voltado ao estudo de Ligações Químicas, utilizando materiais de baixo custo visando sua fácil reprodução por docentes em diferentes contextos educacionais; iii) explorar, por meio do material tátil desenvolvido, o conceito de ligações covalentes, com ênfase na compreensão do compartilhamento de elétrons entre átomos.

A seção de Metodologia descreve os procedimentos adotados na pesquisa, incluindo o levantamento bibliográfico realizado, os descritores utilizados nas buscas e as reflexões acerca das limitações identificadas no material tátil anteriormente desenvolvido, que orientaram as escolhas feitas para a elaboração do novo material. Posteriormente, em Resultados e Discussões, é apresentado o material tátil desenvolvido neste trabalho, por meio de descrições detalhadas e registros fotográficos, bem como a sequência didática proposta para sua utilização em sala de aula. Por fim, nas Considerações Finais, são retomadas as principais reflexões construídas ao longo do trabalho, destacando-se as contribuições da proposta, suas limitações e as perspectivas para estudos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Deficiência Visual: Definições e Desafios da Educação Inclusiva

A DV é definida como a “perda total ou parcial da visão, podendo ser congênita ou adquirida” (Brasil, 2024, p. 6), e classifica-se em três categorias: cegueira, baixa visão e visão monocular. A cegueira refere-se à perda total da função visual ou à capacidade extremamente reduzida de enxergar, sendo necessário garantir ao estudante o acesso ao Sistema Braille, a materiais didáticos acessíveis e a recursos tecnológicos adequados ao processo de comunicação e aprendizagem (Brasil, 2024).

Enquanto isso, a baixa visão caracteriza-se pela “perda parcial da função visual” (Brasil, 2024, p. 6), na qual o estudante possui algum aproveitamento visual, mas apresenta limitações mesmo após correção óptica, exigindo o uso de materiais ampliados e outros recursos de acessibilidade (Brasil, 2024). Já a visão monocular corresponde à perda da função visual em um dos olhos, podendo ela ser total ou parcial o que compromete a percepção de profundidade e pode prejudicar o desempenho em atividades escolares e de locomoção, demandando adaptações específicas no ambiente educativo (Brasil, 2024).

Compreender as diferentes classificações dentro da deficiência visual é fundamental para que toda a comunidade escolar, incluindo gestores, professores, funcionários e colegas, possa atuar de forma consciente e efetiva na promoção da inclusão. O conhecimento sobre as especificidades de cada condição (cegueira, baixa visão e visão monocular) permite identificar as necessidades individuais dos estudantes e planejar estratégias pedagógicas, recursos e adaptações que favoreçam sua autonomia e participação nas atividades escolares assegurando que os estudantes com deficiência visual tenham acesso equitativo à aprendizagem, a fim de promover a Educação Inclusiva.

Entretanto, compreender as classificações da DV não é suficiente se não houver práticas consistentes de inclusão no ambiente escolar. Nesse sentido, a discussão sobre inclusão no contexto educacional envolve não apenas a presença física de estudantes PEE nas instituições de ensino, mas, principalmente, sua participação ativa, efetiva e com condições reais de aprendizagem. Entende-se então que incluir, nesse sentido, é garantir que todos os estudantes, com ou sem deficiência, tenham acesso ao currículo sem distinções, considerando e respeitando as singularidades e necessidades específicas de cada estudante (Ropoli et al., 2010).

No âmbito educacional, pode-se assim definir:

A educação inclusiva concebe a escola como um espaço de todos, no qual os alunos constroem o conhecimento segundo suas capacidades, expressam suas idéias livremente, participam ativamente das tarefas de ensino e se desenvolvem como cidadãos, nas suas diferenças. Nas escolas inclusivas, ninguém se conforma a padrões que identificam os alunos como especiais e normais, comuns. Todos se igualam pelas suas diferenças! (Ropoli et al., 2010, p. 8)

Arelado a esse contexto, é importante destacar que a inclusão não busca tratar os estudantes de forma igualitária, ou seja, padronizar o ensino desconsiderando as necessidades individuais, mas sim promover condições equitativas que os incluam verdadeiramente considerando suas particularidades e reconhecendo suas diferenças, de modo a oferecer os recursos e adaptações necessárias para sua aprendizagem.

Diante disso, é possível notar que a confusão entre os conceitos de integração e inclusão ainda é bastante recorrente (Mantoan, 2003), comprometendo a efetivação de práticas que garantam a plena participação dos estudantes PEE. A integração limita-se à presença física do estudante na escola regular, sem assegurar as adaptações curriculares, pedagógicas e ambientais necessárias para sua participação efetiva e aprendizagem significativa (Mantoan, 2003; Filgueira, 2021). Considerando a definição de integração, é possível notar que essa confusão não se restringe apenas à terminologia, mas reflete o que realmente ocorre em muitas escolas, em que a inclusão plena ainda não é realidade, prevalecendo uma integração superficial. O caso descrito por Oliva (2016), apresentando as vivências da aluna Gabriela, exemplifica essa situação, pois apesar de estar matriculada em uma escola regular, a estudante, que possui DV, não tinha acesso aos recursos pedagógicos necessários para acompanhar as aulas de forma autônoma, dependendo frequentemente da ajuda dos colegas para acessar o conteúdo de forma parcial. Essa realidade demonstra que a presença física isolada não assegura a inclusão, reforçando a urgência de se implementar estratégias que possam contribuir com a participação efetiva e o desenvolvimento dos estudantes PEE.

Essa concepção está direcionada aos padrões de normalidade cultuados pela sociedade, como apresentado por Campos (2016), que evidencia a valorização daqueles que se enquadram nesses padrões e, conseqüentemente, a desvalorização dos estudantes do PEE, por não corresponderem a esse modelo idealizado. Essa visão excludente acaba fazendo com que o estudante PEE acredite que a dificuldade está em sua própria deficiência, e não nas limitações da escola em adotar metodologias, recursos e práticas pedagógicas que realmente contemplem sua inclusão e aprendizagem. Com isso, reforça-se uma visão excludente, na qual a diferença é percebida como uma deficiência a ser superada, e não como parte legítima da

diversidade humana. O estudante é visto como aquele que precisa ser “consertado” para então se tornar apto a conviver com os demais, que seriam considerados “normais” ou “iguais”. Essa lógica, profundamente arraigada em práticas escolares tradicionais, sustenta uma abordagem integradora que, apesar de admitir a presença do estudante PEE, não garante sua participação plena, ou ainda sua valorização como sujeito ativo do processo de aprendizagem, além de desconsiderar completamente suas particularidades.

Nesse contexto, o Censo Escolar de 2024, divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), registrou 1.827.066 matrículas do PEE em classes comuns. A maior concentração dessas matrículas encontra-se no ensino fundamental, que reúne 1.199.803 estudantes. Em seguida, destacam-se a educação infantil, com 366.423 matrículas, e o ensino médio, com 260.840 estudantes (INEP, 2025).

No que se refere ao tipo de deficiência, transtorno global do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação, os dados indicam que a deficiência intelectual permanece como a categoria com maior número de matrículas, totalizando 1.008.009 estudantes. Na sequência, observa-se um número expressivo de estudantes com Transtorno do Espectro do Autismo (918.877). Também são registradas matrículas de estudantes com deficiência física (167.644), deficiência múltipla (90.057), baixa visão (86.793), deficiência auditiva (42.440), altas habilidades/superdotação (44.171), surdez (18.561), cegueira (6.857) e surdocegueira (622) (INEP, 2025).

Diante dos dados apresentados, é possível notar que há um número significativo de estudantes com deficiência visual na educação regular, sendo necessárias novas formas de ensino para esse público, garantindo assim o seu direito à educação como previsto por lei. Desse modo, é fundamental que os docentes pensem em alternativas que incluam esses estudantes no ensino regular e não de forma individualizada, para que a Educação Inclusiva ocorra verdadeiramente, pensando na construção equânime dos indivíduos.

Nonato Filho (2019) apresenta em seu estudo, um caso de uma estudante cega no qual foi seu professor no Ensino Médio e a acompanhou durante o Ensino Superior. A estudante traz em seus relatos que frequentou o ensino regular desde os oito anos de idade e que frequentou bem pouco turmas especiais, sendo apenas para se alfabetizar em Braille. Apesar disso, é possível notar que seu ensino regular foi apenas marcado apenas pela sua integração às turmas, não sem qualquer atendimento especializado que garantisse adaptações ou suporte pedagógico durante as aulas. Essa ausência de acessibilidade se evidencia especialmente quando a estudante descreve suas dificuldades em disciplinas que eram consideradas mais

simples pelos outros estudantes, como por exemplo Artes. A estudante relata que em atividades que envolviam desenhos ou pinturas, ficava completamente perdida sem saber o que fazer, ela apenas fazia dupla e a sua dupla quem realizava as atividades. Isso fazia com que a estudante se sentisse completamente inferiorizada, além de totalmente dependente de outras pessoas para realizar as atividades escolares.

Além disso, a estudante relata que notava o tratamento diferenciado de alguns colegas, tratando-a com dó e superproteção (Nonato Filho, 2019), como se fosse incapaz de realizar alguma atividade sozinha. Isso tirava sua autonomia, que era algo que tanto almejava, além de ignorar sua individualidade e desconsiderar suas potencialidades.

Esse fato exposto por Nonato Filho (2019), exemplifica como a falta de acessibilidade curricular, formação docente especializada e suporte pedagógico adequado reflete na motivação desses estudantes PEE para dar continuidade aos estudos. Isso pode ser um dos fatores que justificam a grande parte das matrículas do PEE estarem concentradas no Ensino Fundamental (1.199.803) e somente 260.840 estarem no Ensino Médio (INEP, 2024). Sendo assim, os dados revelam a importância da reflexão acerca do papel da escola como espaço verdadeiramente inclusivo, em que o direito à educação não se limita apenas ao acesso, mas deve garantir a permanência, o aprendizado e desenvolvimento pleno para todos.

2.2 Modelos no ensino de Química e a acessibilidade pedagógica: o tato como ferramenta cognitiva na aprendizagem de estudantes com deficiência visual

Como proposto por Diniz (2007), estudantes PEE enfrentam uma série de dificuldades que, em geral, são visualizadas como consequência de seus próprios limites. No entanto, essa perspectiva ignora que a limitação está na falta de materiais adequados, métodos de ensino acessíveis e apoio especializado.

O estudo de Oliveira e Silva (2020), por exemplo, se assemelha ao caso de Nonato Filho (2019) descrito anteriormente, retratando a história de Gabriela, que frequentava uma escola regular, mas não conseguia acompanhar totalmente as aulas porque não recebia os recursos de que precisava. Sendo assim, ela dependia da ajuda de colegas para acessar o conteúdo, o que prejudicava seu aprendizado. Isso mostra que a deficiência não é o que impede o estudante de aprender, e sim a maneira como a escola se prepara para ensinar. Sem as adaptações necessárias, o rendimento pode ser mais baixo do que o esperado, não por falta de capacidade, mas por falta de acessibilidade (Mól, 2019).

Nesse contexto, Filgueira (2021) defende a importância da acessibilidade, contemplando a acessibilidade urbanística; arquitetônica; nos transportes; na comunicação e informação; atitudinais; tecnológicas e metodológicas. No que concerne à acessibilidade metodológica, também conhecida como acessibilidade pedagógica, a autora defende que o ensino não deve ter obstáculos nos métodos e técnicas. Nesse sentido, devem haver estratégias pedagógicas que viabilizem o acesso dos estudantes PEE ao currículo, prevenindo situações tais como retenção e evasão, evidenciadas no Censo Escolar supracitado (INEP, 2024) garantindo assim, não apenas o acesso à escola, mas também fomentando condições de sua permanência.

Nessa perspectiva, refletir sobre a inclusão no contexto metodológico implica compreender que não basta inserir o estudante com deficiência na sala de aula, é preciso garantir que ele tenha condições reais de aprender. Segundo Filgueira (2021), as ações pedagógicas acessíveis devem considerar as especificidades dos estudantes, promovendo práticas intencionais e planejadas que assegurem o direito à aprendizagem. Isso exige que os docentes assumam uma postura crítica e sensível frente às barreiras impostas pelos modelos tradicionais de ensino, repensando suas metodologias, linguagens e formas de avaliação. A acessibilidade metodológica, portanto, deve ser entendida como uma prática contínua, construída no cotidiano escolar a partir do diálogo, da colaboração entre profissionais e do reconhecimento da diversidade como valor constitutivo do processo educativo.

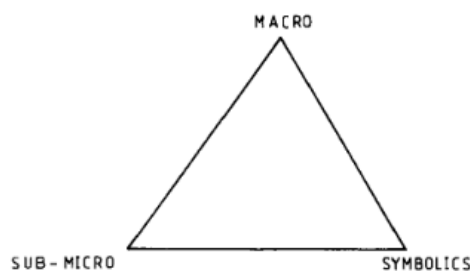
No contexto do ensino de Química, Fernandes (2014) ilustra a importância da acessibilidade metodológica ao desenvolver materiais didáticos adaptados para estudantes videntes e com DV, incluindo uma série de experimentos multissensoriais. Em sua pesquisa, ela relata que, embora inicialmente os estudantes videntes tenham demonstrado resistência quanto à participação dos colegas com DV nas práticas experimentais, essa percepção mudou significativamente após a realização das atividades. Os estudantes reconheceram o valor da experiência compartilhada e aprenderam novas formas de identificar reações químicas que vão além do sentido da visão, enriquecendo assim o processo coletivo de aprendizagem.

A experiência relatada por Fernandes (2014) mostra que práticas inclusivas transcendem o mero atendimento às necessidades dos estudantes PEE, enriquecendo as experiências de aprendizagem de toda a comunidade escolar. Ao participarem de atividades adaptadas e colaborativas, os estudantes constroem novas formas de compreender os conteúdos, descobrindo que há diferentes maneiras de perceber e interpretar os fenômenos químicos. O contato com outras formas de aprender estimula a curiosidade, a empatia e o

pensamento crítico, enriquecendo o processo educativo como um todo. Assim, mais do que uma obrigação legal ou uma diretriz pedagógica, a acessibilidade metodológica revela-se uma oportunidade real de transformar a sala de aula em um espaço mais diverso, criativo e significativo para todos.

Nesse sentido, no contexto da Química, compreender como o conhecimento químico é estruturado e representado torna-se fundamental para o desenvolvimento de estratégias didáticas acessíveis. De acordo com Camargo et al. (2020), “a Química é uma ciência que busca entender e explicar as composições, propriedades e transformações da matéria”, sendo dever do cientista observar, descrever e interpretar os fenômenos (p. 181). Para definir em que consiste o conhecimento científico e descrever melhor seus níveis, mostrando que estão interligados entre si, Johnstone (1991) os representou como mostrado na Figura 1:

Figura 1 - Níveis do conhecimento científico.



Fonte: Johnstone (1991, p. 78).

#ParaTodosVerem: A imagem traz um triângulo equilátero, no qual no vértice superior está escrito “macro”, no vértice esquerdo inferior “sub-micro” e no vértice direito inferior “symbolics”.

Johnstone (1991) afirma que o nível macro reúne os fenômenos tangíveis e visíveis, enquanto o sub-micro são aqueles que não podem ser diretamente observados a olho nu, ou seja, invisíveis, necessitando de ferramentas abstratas para serem explicados. Para exemplificar, é possível identificar a apropriação dos modelos para a representação dos conceitos, como átomos, moléculas e suas interações. Por fim, o nível simbólico é aquele que representa os fenômenos, como por exemplo a utilização de equações químicas para descrever as reações químicas e símbolos para se referir aos átomos envolvidos.

Dessa forma, a Química como ciência apresenta desafios significativos para a aprendizagem, sobretudo em relação a conceitos como átomos, moléculas, ligações químicas e estruturas tridimensionais, que não são diretamente observáveis. Tradicionalmente, seu ensino baseia-se em representações visuais e simbólicas, o que limita o acesso ao

conhecimento para estudantes com DV (Fernandes; Franco-Patrocínio e Freitas Reis, 2017) e dificulta a compreensão para aqueles que necessitam de suporte sensorial concreto para internalizar tais abstrações.

Para suprir as dificuldades na compreensão dos conceitos químicos, os modelos desempenham um papel fundamental como estratégias didáticas¹. Conforme destacado por Camargo e colaboradores (2020),

Os modelos são representações do que não percebemos com os sentidos imediatos. Assim, usando aportes semióticos, entendemos que os modelos são signos que representam fenômenos químicos de forma específica e particular, remetendo sempre às características e propriedades dos fenômenos observados. Essa relação dinâmica entre sujeito e fenômeno desencadeia a formação de conceitos na mente do indivíduo: o fenômeno é percebido e o sujeito que o percebe o relaciona com signos preexistentes em sua mente. Esse processo desencadeia a formação de novos signos (Camargo, et al., 2020, p. 189).

Ou seja, os modelos são interpretações pessoais que podem tomar forma física ou não (sendo esses, os modelos mentais), que possuem o principal objetivo de tentar explicar determinados fenômenos, podendo conter limitações por não ser possível expressar todas as ideias formuladas mentalmente, permitindo realizar modificações (Mendonça, 2008). Além disso, Camargo et al. (2020, p. 187) afirmam que “Modelos científicos surgem para possibilitar a apropriação desses conceitos, inacessíveis às nossas percepções imediatas. Esses modelos explicativos cumprem um papel de extrema importância na apropriação do legado científico”.

Nesse sentido, os modelos permitem representar fenômenos que não podem ser observados diretamente, como a estrutura dos átomos, a formação de Ligações Químicas ou as interações intermoleculares. Os modelos facilitam a construção de significados por parte dos estudantes, tornando o conteúdo mais acessível e concreto. Contudo, é importante compreender que esses modelos são representações aproximadas (Mendonça, 2008) e não retratam fielmente a natureza, mas sim maneiras de explicar o comportamento da matéria com base no conhecimento científico.

Nesse contexto, de acordo com Camargo et al., (2020, p. 187), “os modelos devem ser acessíveis a todos os estudantes”, e se tratando do ensino de Química inclusivo para estudantes DV, é importante considerar o uso dos sentidos remanescentes que esses indivíduos dispõem, sendo eles “o resíduo visual, caso haja, a audição, o tato, o olfato, o paladar, a

¹ “[...] as estratégias didáticas são viabilizadoras dos objetivos pretendidos e entendidas como ações intencionadas e planejadas, como conjunto de ações elaboradas com vistas a um objetivo, como conjuntos de meios utilizados pelo professor para facilitar a aprendizagem dos estudantes e, finalmente, como ações que ocorrem durante o processo de ensino e avaliação” (Alves; Bego, 2020, p. 78).

cinestesia (percepção dos seus movimentos), a propriocepção² e o sistema vestibular³ que se mantiveram preservados” (GEPOM, 2022, p. 32). Dentre esses sentidos, o tato ganha destaque no ensino de Química, como uma ferramenta cognitiva fundamental. Diferente da percepção visual, que proporciona uma visão global do objeto, o tato permite uma exploração detalhada e analítica por meio da manipulação direta, favorecendo a decomposição e o entendimento das partes constituintes dos fenômenos químicos, permitindo que a partir disso, o estudante apresente condições para realizar a construção da imagem mental do conceito.

Conforme destacado por Soler (1999, p. 36), o tato é o “sentido analítico por excelência”, essencial para a apreensão detalhada e ativa dos objetos de estudo e válido para todos os estudantes. Nesse sentido, a utilização de materiais que envolvam outros sentidos além da visão, segundo Soler (1999, p. 21, tradução nossa) “[...] pode produzir uma aprendizagem mais significativa e completa da matéria, uma vez que a informação não visual associada às imagens é também perceptível por alunos sem problemas de visão e enriquece os conceitos aprendidos [...]”⁴. Isso significa que a integração do tato no processo de ensino, amplia o aprendizado tornando-o mais significativo e enriquecendo os conceitos para todos, independentemente de suas capacidades visuais.

Fernandes et al. (2017) apresentam, em seu trabalho, diversos materiais táteis voltados ao ensino de modelos atômicos e destacam a importância desses recursos no processo de aprendizagem de estudantes cegos. Durante a utilização dos materiais, os autores observam que, muitas vezes, o estudante compreende determinado conceito apenas de forma teórica, no entanto, ao interagir com um material concreto, seus pensamentos passam a ser direcionados de maneira mais estruturada, permitindo uma “completude do abstrato” que antes era construída apenas mentalmente (Fernandes et al., 2017, p. 102). Essa interação entre o conhecimento teórico e a experiência tátil favorece a organização das ideias e a consolidação dos conceitos científicos.

Nesse sentido, o uso de materiais táteis no ensino de Química vai além de um simples recurso de acessibilidade. Trata-se de uma prática pedagógica que torna concretos os conteúdos abstratos, possibilitando que estudantes manipulem modelos moleculares, estruturas espaciais e representações de processos físico-químicos, que fomentem a

² “Propriocepção é a capacidade de reconhecer a posição do nosso corpo e cada uma de suas partes sem a necessidade do sentido da visão” (GEPOM, 2022, p. 34).

³ “Sentido vestibular é um conjunto de estruturas localizadas no ouvido interno, que detectam os movimentos do corpo e que contribuem para a manutenção do equilíbrio” (GEPOM, 2022, p. 34).

⁴ “(...) puede producir un aprendizaje significativo más completo de la materia, pues la información no visual asociada a las imágenes es también perceptible por los alumnos sin problemas de visión y refuerza los conceptos aprendidos (...)” (Soler, 1999, p. 21).

construção conceitual. Assim, a incorporação do tato contribui para um ensino mais inclusivo, que respeita a diversidade dos modos de aprender e promove uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos químicos para todos os públicos.

2.3 Ligações Químicas

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a temática de Ligações Químicas⁵ é abordada no Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e está previsto no documento como competência 1 que propõe a compreensão da estrutura da matéria e das transformações químicas (Brasil, 2018), tornando essencial seu estudo nos anos iniciais. O estudo das Ligações Químicas é fundamental para compreender a constituição e o comportamento da matéria, já que são elas que mantêm os átomos unidos, formando as moléculas.

A partir do entendimento das interações entre os elementos químicos, é possível explicar propriedades físicas e químicas das substâncias (Usberco; Philippe, 2024), como ponto de fusão, solubilidade, condutividade elétrica e reatividade. Além disso, o conhecimento sobre os diferentes tipos de ligações, iônicas, covalentes e metálicas, é essencial para interpretar fenômenos cotidianos, processos industriais, reações biológicas e diversas aplicações tecnológicas.

Nesse contexto, a formação de uma ligação química está diretamente relacionada à busca por maior estabilidade do sistema, uma vez que “quando uma ligação química entre dois átomos se estabelece, a estabilidade do sistema aumenta e a energia total dele se reduz. Em outras palavras, o sistema formado por átomos ligados têm menor energia, ou seja, é mais estável do que os átomos isolados” (Usberco e Philippe, 2024, p. 114).

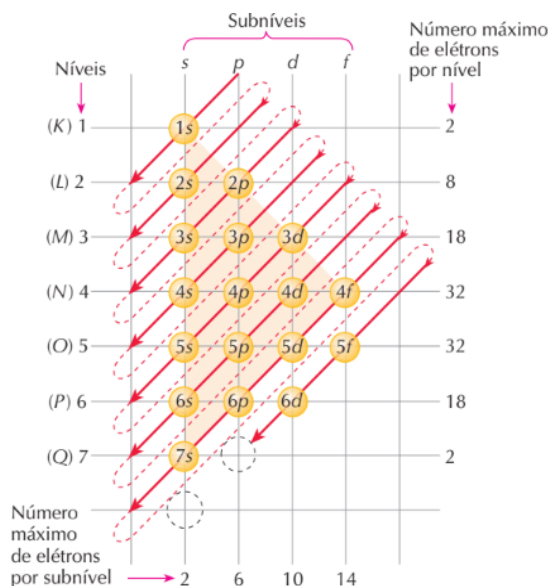
Este princípio está na base da compreensão das interações químicas e ajuda a explicar por que os átomos tendem a se unir. A busca por estabilidade energética é o que motiva a formação das diferentes Ligações Químicas, sendo cada tipo de ligação resultado de uma maneira específica de compartilhar ou transferir elétrons (Lee, 1999). Nesse contexto, iremos discutir as três naturezas das Ligações Químicas.

⁵ Para o presente estudo, sustentamos nosso referencial teórico nos livros que foram selecionados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2026, por serem obras empregadas pelas escolas públicas brasileiras. Além disso, usamos de livros de Química Geral comumente indicados nas universidades federais brasileiras.

2.3.1 Teoria eletrônica de Valência

Para melhor explicar como os átomos se ligam, Gilbert Lewis (1875-1946) juntamente com o físico alemão Walther Kossel (1888-1956) elaboraram um modelo. Em estudos prévios, eles observaram que apenas seis substâncias eram encontradas de forma monoatômica, ou seja, compostas por apenas um átomo. “Essas substâncias são os gases nobres (He, Ne, Ar, Kr, Xe e Rn), encontrados isolados e estáveis na natureza, isto é, não combinados com outros átomos.” (Usberco e Philippe, 2024, p. 114). Baseando-se nessa observação, Lewis e Kossel afirmaram que todos os outros átomos buscavam a configuração eletrônica de um gás nobre, por ser mais estável, elaborando a famosa “regra do octeto”. que consiste em: “Dois átomos se combinam de forma que passem a ter oito elétrons em suas camadas de valência, adquirindo uma configuração eletrônica semelhante à dos gases nobres no estado fundamental” (Usberco e Philippe, 2024, p. 114). É importante destacar que os elétrons envolvidos nas Ligações Químicas são os da camada de valência, ou seja, os elétrons da camada mais externa do átomo (Lee, 2005; Brown, 2016), isso porque estão mais disponíveis para interagirem com outro átomo por serem menos atraídos pelo núcleo positivo do átomo (Chang, 2010; Brown, 2016).

Para compreender melhor a estrutura de um átomo e identificar quantos elétrons possui em sua camada de valência, os livros didáticos frequentemente utilizam um diagrama conhecido como diagrama de Linus Pauling (1901-1994) (Figura 2). Por meio dele, é possível identificar o número de elétrons na camada de valência de cada átomo, além de identificar seu respectivo subnível energético.

Figura 2 - Diagrama de Pauling^{6,7}.

Fonte: Feltre, 2004, p. 101.

#ParaTodosVerem: A imagem mostra o diagrama de Linus Pauling usado para explicar a ordem de preenchimento dos subníveis eletrônicos de um átomo. O fundo é quadriculado. Ao lado esquerdo, na vertical, estão os níveis de energia, indicados por letras de K a Q entre parênteses, seguidas pelos números de 1 a 7. Na horizontal na parte superior, aparecem os subníveis s, p, d e f. Dentro dessa grade, há vários círculos amarelos, cada um contendo uma combinação de número e letra no qual o número indica o nível e a letra o subnível energético. Setas nas diagonais em rosa atravessam a tabela de cima para baixo e da direita para a esquerda. As diagonais passam pela seguinte ordem: 1s depois 2s, em seguida 2p e 3s juntos, depois 3p e 4s, em seguida 3d, 4p e 5s juntos, depois 4d, 5p e 6s juntos, em seguida 4f, 5d, 6p e 7s juntos, e por fim 5f e 6d. Na extremidade direita, há indicações do máximo de elétrons por nível (2, 8, 18, 32, 32, 18 e 2). Na parte inferior, aparecem os valores máximos de elétrons para cada subnível: s comporta 2 elétrons, p comporta 6, d comporta 10 e f comporta 14.

Com base nos estudos de Lewis, existe uma notação simplificada que destaca apenas os elétrons da camada de valência na representação dessa ligação. Conforme Usberco e Philippe (2024, p. 115) “os elétrons da camada de valência são representados por pontos (•) colocados ao redor do símbolo do elemento químico”. Essa representação facilita a visualização das possibilidades de ligação do átomo, pois evidencia os elétrons disponíveis para compartilhar, doar ou receber, sendo especialmente útil na compreensão da formação de ligações covalentes e iônicas.

⁶ O diagrama foi selecionado devido à sua capacidade de reunir, em uma única imagem, informações essenciais sobre níveis e subníveis eletrônicos de forma organizada e detalhada. Entretanto, é importante destacar que, segundo a literatura, o nível Q (correspondente ao número 7) também pode comportar até 8 elétrons (Usberco e Philippe, 2024). Para fins deste trabalho, adotaremos essa convenção apresentada pelos autores.

⁷ Embora seja amplamente conhecido como “diagrama de Linus Pauling”, esse esquema não foi elaborado pelo autor. Trata-se de uma adaptação pedagógica presente em livros didáticos, inspirada na ordenação dos níveis e subníveis de energia discutida em seus estudos sobre estrutura eletrônica (Pauling, 1960).

2.3.2 Ligação iônica

As ligações iônicas podem ser definidas como “forças eletrostáticas que existem entre íons de carga de sinais contrários” (Brown 2016, p. 344) ocorrendo entre um metal e um não metal, excetuando os gases nobres, como mostra a Figura 3. Dessa forma, a principal característica da ligação iônica é a formação de íons, sendo eles cátions (+) e ânions (-) com diferentes níveis de energia de ionização⁸ que se atraem estaticamente formando uma rede cristalina de átomos, como mostra a Figura 4 com o exemplo do cloreto de sódio (NaCl).

Figura 3 - Representação esquemática da ligação iônica entre um metal (M) e um não metal (Nm).

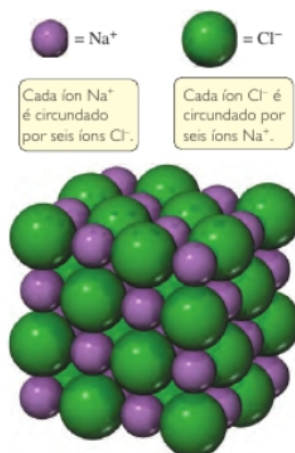


Fonte: Usberco e Philippe, 2024, p. 116.

#ParaTodosVerem: A imagem mostra, da esquerda para a direita, a formação de uma ligação iônica. À esquerda há uma esfera de cor alaranjada representando um metal (com o símbolo M) que contém um ponto ao seu lado representando o elétron, acompanhada do texto: “M é um metal. Tem tendência a perder elétrons.” Ao lado, há outra esfera de cor roxa representando um não metal (com o símbolo Nm) contendo sete pontos que representam os elétrons, com o texto: “Nm é um não metal. Tem tendência a ganhar elétrons”. Em seguida, uma seta vermelha, da esquerda para a direita, indica a interação entre os dois átomos. À direita, aparece o resultado dessa interação: as duas esferas juntas, sendo a laranja que representa o metal (M⁺) de tamanho menor, na cor alaranjada e com carga positiva, demonstrando a perda de um elétron e a esfera roxa que representa o não metal (Nm⁻), com tamanho maior, com carga negativa, e oito bolinhas ao seu redor mostrando que houve a transferência de um elétron do metal. Essa ilustração, mostra como ocorre a ligação iônica. Observações laterais indicam que as cores são ilustrativas e que os tamanhos dos elementos não são proporcionais entre si.

⁸ Energia de ionização: energia mínima necessária para a remoção de um elétron de um átomo (Brown, 2016, p. 226). Quanto maior a energia de ionização, mais difícil será a remoção de um elétron do átomo.

Figura 4 - Representação espacial do NaCl denominado retículo cristalino.



Fonte: Brown, 2016, p. 347.

#ParaTodosVerem: A imagem representa a estrutura cristalina do cloreto de sódio (NaCl). No topo, há duas pequenas esferas: uma roxa menor, indicando o íon sódio (Na^+), e uma verde maior, indicando o íon cloreto (Cl^-). Abaixo da esfera roxa está escrito “cada íon Na^+ é circundado por seis íons Cl^- ” e abaixo da esfera verde está escrito “cada íon Cl^- é circundado por seis íons Na^+ ”. Logo abaixo dessa legenda, aparece um arranjo tridimensional formado por várias esferas roxas e verdes alternadas, representando a rede cristalina do sal. As esferas verdes e roxas se repetem em padrão regular, mostrando que cada íon Na^+ é rodeado por seis íons Cl^- e que cada íon Cl^- é rodeado por seis íons Na^+ .

Embora a tendência dos átomos em alcançar configurações eletrônicas semelhantes a dos gases nobres ajude a compreender muitos casos de ligação, ela não explica, por si só, a estabilidade do sistema. Nesse tipo de reação, compostos químicos buscam por um estado de menor energia, o que não se limita apenas ao cumprimento da regra do octeto podendo extrapolar essa regra, em que elementos podem ficar estáveis com mais ou menos de oito elétrons, descrevendo as exceções à regra do octeto. Na verdade, a estabilidade química resulta do balanço energético entre os processos de perda e ganho de elétrons e da liberação de energia durante a formação da ligação entre os íons (Usberco e Philippe, 2024).

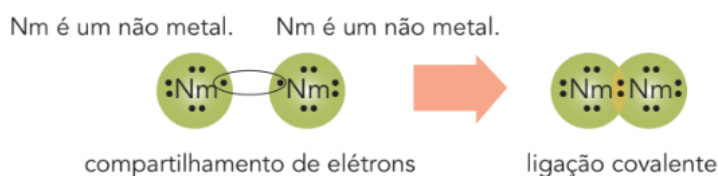
2.3.3 Ligação covalente

A ligação covalente se dá pelo compartilhamento de elétrons entre os átomos, ocorrendo entre átomos mais eletronegativos, ou seja, não metais, no qual ambos tendem a receber elétrons, e por isso compartilham entre si para alcançarem a configuração eletrônica de um gás nobre (Lee, 1999; Usberco e Philippe 2024).

É importante ressaltar que a ligação covalente não se limita ao compartilhamento de um único par de elétrons, como ocorre nas ligações simples, conforme ilustrado na Figura 5. Dependendo da necessidade de estabilidade dos átomos envolvidos, pode haver o

compartilhamento de dois ou até três pares de elétrons, originando, respectivamente, as ligações duplas e ligações triplas.

Figura 5 - Representação esquemática da ligação covalente entre não metais.



Fonte: Usberco e Philippe, 2024, p. 122.

#ParaTodosVerem: A imagem mostra duas esferas verdes representando átomos de não metal, cada uma identificada com a sigla “Nm”. Cada átomo possui três pares de elétrons representados por pequenos pontos pretos ao redor. No centro, há uma elipse interligando um ponto de cada átomo, indicando o compartilhamento de elétrons entre eles. Abaixo contém a legenda “compartilhamento de elétrons”. Ao lado direito, uma seta rosa aponta para a direita, levando a outra figura onde os dois átomos aparecem unidos, mostrando que formaram uma ligação covalente e os dois pontos ao centro que inicialmente era um para cada átomo, agora formam um par que compartilham entre si. Abaixo contém a legenda “ligação covalente”.

Esses diferentes tipos de ligação podem ser representados por meio de fórmulas eletrônicas, que evidenciam os pares de elétrons envolvidos, ou por fórmulas estruturais, nas quais traços simples, duplos ou triplos indicam o número de pares compartilhados entre os átomos. Tais representações facilitam a visualização e a compreensão da natureza da ligação estabelecida, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Diferentes representações para compostos moleculares e tipos de ligações covalentes.

Fórmula molecular	H ₂	O ₂	N ₂
Fórmula eletrônica	H : H	: O : O :	: N : N :
Fórmula estrutural	H — H	O = O	N ≡ N
Tipo de ligação covalente	simples	dupla	tripla

Fonte: Usberco e Philippe, 2024, p. 124.

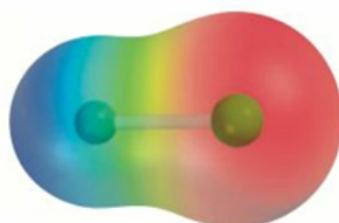
#ParaTodosVerem: A imagem apresenta uma tabela comparativa com três colunas e quatro linhas. Na primeira linha, a primeira coluna está escrito fórmula molecular e, em seguida, cada coluna está com uma molécula, sendo a segunda coluna para o H₂, a terceira coluna para o O₂ e a quarta coluna para o N₂. Na segunda linha e primeira coluna tem escrito “fórmula eletrônica”, na segunda coluna mostra dois átomos de hidrogênio lado a lado, com um ponto cada um representando o seu elétron da camada de valência, sendo eles destacados com um retângulo para enfatizar o compartilhamento desses elétrons para formar a ligação simples. A terceira coluna, mostra dois átomos de oxigênio com cada um seis elétrons ao redor representados por pontos, compartilhando entre si dois pares de elétrons, para formar a ligação dupla. Na quarta coluna é representado dois átomos de nitrogênio, tendo cada um cinco elétrons ao seu redor, compartilhando entre si três pares de elétrons, para formar

a ligação tripla. Na terceira linha, está escrito “fórmula estrutural”, e na segunda coluna tem a representação da ligação simples utilizando um traço entre dois átomos de hidrogênio. Na terceira coluna, tem a representação da ligação dupla utilizando dois traços entre dois átomos de oxigênio. Por fim, na quarta coluna, está a representação da ligação tripla utilizando três traços entre dois átomos de nitrogênio. Por último, na quarta linha está escrito “tipo de ligação covalente” na primeira coluna, então, logo na segunda coluna encontra-se a palavra simples, na terceira coluna, dupla, e na quarta coluna há a palavra tripla.

2.3.3.1 Polaridade das ligações covalentes

As ligações covalentes, como mencionado anteriormente, envolvem o compartilhamento de elétrons entre os átomos, mas é importante destacarmos que esse compartilhamento não ocorre de forma igualitária entre átomos distintos, isso porque o que vai determinar como esses elétrons estão sendo compartilhados, é a polaridade dos átomos envolvidos. Para exemplificar, a Figura 7 representa a molécula de ácido fluorídrico (HF) e, a partir dela, é possível observar a representação do seu potencial eletrostático.

Figura 7 - Potencial eletrostático da molécula de HF.



Fonte: Chang, 2010, p. 276.

#ParaTodosVerem: A imagem apresenta, à esquerda, uma esfera para representar o átomo menor de hidrogênio ligado a um átomo maior de flúor à direita. A molécula é envolvida por uma região que varia da esquerda para a direita sua coloração, de azul, azul claro, verde, amarelo e na extremidade da direita vermelho, que representa a distribuição da densidade eletrônica desigual da molécula de HF. A região próxima ao átomo de flúor (à direita) é representada em vermelho indicando maior densidade eletrônica, enquanto a região mais próxima ao átomo de hidrogênio aparece em azul indicando menor densidade eletrônica, caracterizando uma ligação covalente polar.

Como mostra a Figura 7, o compartilhamento de elétrons na molécula de HF não ocorre de forma igualitária, isso porque o átomo de flúor possui maior eletronegatividade que o átomo de hidrogênio (4,0 e 2,1 respectivamente). Isso faz com que os elétrons envolvidos na ligação fiquem mais próximos ao átomo de flúor, ou seja, tendo uma região de maior densidade eletrônica, sendo representado pela região em vermelho, caracterizando uma ligação covalente polar (Chang, 2010).

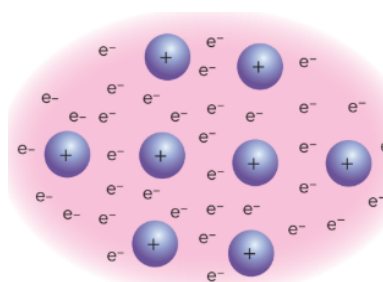
Portanto, a ligação covalente será definida como polar ou apolar, conforme a eletronegatividade dos átomos envolvidos, ou seja, se não houver diferença de polaridade

entre os átomos envolvidos na ligação, como é o caso de ligações entre átomos iguais, a ligação covalente é classificada como apolar e caso haja diferença de eletronegatividade entre os átomos envolvidos, é classificada como ligação covalente polar (Chang, 2010).

2.3.4 Ligação metálica

Podemos definir que a ligação metálica “[...] ocorre entre átomos de metais do mesmo elemento ou de elementos diferentes” (Usberco; Philippe, 2024, p. 130), e a melhor maneira de representar essa ligação química é utilizando o modelo de nuvens de elétrons. Neste modelo, o metal é representado como um cátion, e devido a baixa interação eletrostática entre o núcleo positivo e os seus elétrons mais externos, é rodeado por um mar de elétrons de valência que ficam soltos, livremente e uniformemente ao redor do cátion (Both, 2018), como representado na Figura 8.

Figura 8 - Ilustração esquemática dos cátions do metal envoltos em uma “nuvem” de elétrons.



Fonte: Usberco e Philippe, 2024, p. 130.

#ParaTodosVerem: A imagem mostra vários íons metálicos positivos representados por esferas grandes na cor roxa, dispostas da seguinte maneira: na parte superior tem duas esferas, na parte central quatro e na última, duas esferas. Ao redor dessas esferas, aparece uma região em tom rosado que simboliza um “mar de elétrons”, onde muitos elétrons livres, indicados por pequenos símbolos “e⁻”, estão distribuídos entre os íons positivos.

2.4 Concepções alternativas sobre a temática de Ligações Químicas

A aprendizagem do conceito de Ligações Químicas apresenta diversos desafios, tanto por sua natureza abstrata quanto pela necessidade de compreender diferentes níveis de representação, a saber macroscópico, microscópico e simbólico (Johnstone, 1991). De acordo com Fernandez e Marcondes (2006) há uma quantidade significativa de estudantes que enfrentam dificuldades em entender que a Ligação Química é um modelo teórico, criado para representar as interações entre átomos na formação das substâncias.

Essas limitações conceituais e o uso de analogias simplificadas favorecem o surgimento de concepções alternativas, isto é, interpretações pessoais elaboradas pelos

estudantes que diferem das explicações científicas aceitas e que, muitas vezes, derivam de experiências cotidianas, de modelos didáticos mal compreendidos ou de representações simbólicas simplistas (Mendonça e Justi, 2006). Como bem destacado por Mendonça e Justi (2006),

[...] é importante considerar que concepções alternativas não são, necessariamente, concepções erradas. Muitas vezes, elas são simplesmente simplificações das idéias aceitas pela ciência e, algumas vezes, são bastante semelhantes às idéias expressas por cientistas no passado. Essas idéias podem existir na estrutura cognitiva do indivíduo anteriormente à escolarização (idéias do senso comum) e persistir mesmo após o ensino formal, ou ainda, se desenvolver devido ao tipo de ensino (Mendonça; Justi, 2006, p. 5).

De acordo com Mendonça e Justi (2006), as concepções alternativas fazem parte do processo de construção do conhecimento, pois refletem as tentativas dos estudantes de atribuir sentido aos fenômenos a partir de seus referenciais prévios. No entanto, quando não são identificadas e trabalhadas pelo professor, essas ideias podem se internalizar e dificultar a aprendizagem significativa⁹ de conceitos científicos (Mendonça e Justi, 2006). No caso das Ligações Químicas, as concepções alternativas revelam obstáculos epistemológicos¹⁰ que podem comprometer a compreensão das interações atômicas e energéticas envolvidas na formação das substâncias.

Fernandez e Marcondes (2006) apresentam em seu trabalho uma revisão das principais concepções alternativas sobre Ligações Químicas identificadas na literatura, a partir de estudos de diversos autores. As autoras organizaram essas concepções em seis classes principais: i) confusão entre ligação iônica e covalente; ii) antropomorfismo; iii) regra do octeto; iv) geometria das moléculas e polaridade; v) energia nas ligações químicas e vi) representação das ligações. Essa sistematização evidencia a complexidade conceitual do tema e as diferentes origens dos equívocos apresentados pelos estudantes, que vão desde dificuldades de abstração até interpretações literais dos modelos didáticos empregados no ensino.

Na primeira classe, a confusão entre ligação iônica e covalente é recorrente, manifestando-se a tendência de tratar compostos iônicos como se fossem moléculas isoladas, aplicando conceitos de ligações covalentes aos íons. Eles acreditam que os íons se ligam de forma semelhante ao compartilhamento de elétrons na covalência, ignorando a estrutura de

⁹ De acordo com Ausubel (2000) “a aprendizagem significativa envolve uma interação seletiva entre o novo material de aprendizagem e as ideias preexistentes na estrutura cognitiva” de modo que “as ideias subordinantes preexistentes fornecem ancoragem à aprendizagem significativa de novas informações.” (Ausubel, 2000, p. 3)

¹⁰ “Entraves no desenvolvimento do saber científico, inerentes ao próprio conhecimento, que ajudam a bloquear o seu desenvolvimento e construção” (Macêdo, Pereira e Damasceno, 2017, s/p).

retículo cristalino e confundindo transferência com compartilhamento de elétrons (Fernandez e Marcondes, 2006). As autoras destacam que:

A palavra “compartilhar” tem um significado muito específico em Química. Um par de elétrons compartilhado significa que o par de elétrons existe em algum lugar entre os átomos na molécula. Já na linguagem do dia-a-dia, compartilhar significa possuir ou usar conjuntamente (Fernandez e Marcondes, 2006, p. 21).

A segunda classe de concepção alternativa, é o antropomorfismo. Fernandez e Marcondes (2006) trazem em sua análise, que estudantes frequentemente atribuem vontade ou intenções aos átomos, por exemplo, dizendo que "o átomo quer completar oito elétrons" ou “necessita preencher sua camada eletrônica” (p. 21). Essas metáforas humanas ajudam na comunicação inicial, mas reforçam a ideia de que átomos tomam decisões, o que pode levar a interpretações equivocadas.

A terceira classe, é a regra do octeto, que frequentemente é tratada pelos estudantes como uma lei absoluta, acreditando que todas as reações ocorrem apenas para permitir que os átomos atinjam oito elétrons na camada de valência. Essa visão simplista ignora exceções e leva à generalização indevida do conceito da regra como causa principal das Ligações Químicas, desconsiderando os aspectos energéticos envolvidos (Fernandez e Marcondes, 2006). Além disso, atribuem às ligações iônicas como simples transferência de elétrons, não levando em consideração que essa transferência ocorre devido à atração eletrostática como consequência das cargas opostas entre os íons (Fernandez e Marcondes, 2006).

Para a quarta classe, tem-se concepções sobre geometria molecular e polaridade, nas quais os estudantes consideram apenas a diferença de eletronegatividade para determinar a polaridade, ignorando a simetria da molécula e o arranjo espacial dos átomos. De acordo com Fernandez e Marcondes (2006), essa limitação leva à ideia incorreta de que toda molécula com ligações polares é necessariamente polar, desconsiderando o vetor resultante dos dipolos e o modelo de Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência (RPECV).

A quinta classe, referente à energia nas Ligações Químicas, descreve uma tendência em interpretar a ligação como uma “entidade física” que armazena energia, sendo comum a crença de que a formação da ligação consome energia e sua quebra a libera (Fernandez e Marcondes, 2006). Conforme sugerido pelas autoras, essa inversão de conceitos termodinâmicos pode decorrer do uso inadequado de analogias, como a comparação com molas ou elásticos, e reforça a dificuldade dos alunos em compreender que a estabilidade de uma molécula está associada à liberação de energia durante a formação das ligações.

Por fim, a sexta classe, que trata da representação das Ligações Químicas, envolve dificuldades no uso e interpretação de modelos visuais e simbólicos. Muitos estudantes

compreendem os traços das fórmulas estruturais como representações literais da realidade, acreditando que as ligações são objetos concretos e fixos. Essa interpretação literal impede que o estudante perceba o caráter abstrato dos modelos químicos, que são construções teóricas para representar fenômenos invisíveis em nível atômico e molecular (Fernandez e Marcondes, 2006).

3 METODOLOGIA

3.1 Natureza da pesquisa

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa de abordagem qualitativa e natureza básica. O aspecto qualitativo se deve pois “[...] a preocupação não é com a representatividade numérica do grupo pesquisado, mas com o aprofundamento da compreensão da situação de pesquisa escolhida [...]” (Magalhães Júnior; Batista, 2023, p. 18), ou seja, busca-se dedicar à compreensão das necessidades educacionais de estudantes com deficiência visual propondo alternativas didáticas mais acessíveis. Enquanto o caráter de uma pesquisa básica, pois consiste em objetivar o aprofundamento do conhecimento sobre práticas pedagógicas inclusivas no ensino de Química, sem visar a uma aplicação imediata.

De acordo com Mól (2017), a pesquisa qualitativa permite interpretar os sentidos e experiências dos sujeitos, sendo especialmente importante no campo educacional, onde há diversas formas de aprendizagem em um mesmo ambiente, como é o caso da sala de aula. O principal objetivo da pesquisa qualitativa segundo Mól (2017, p. 502) é “compreender os significados dos fenômenos a partir de quem os vivenciam, considerando tempos e espaços de atuações e reflexões.”, ou seja, mais que apenas números, a pesquisa qualitativa compreende que “cada sujeito é um sujeito, mesmo apresentando o mesmo gênero, idade e nível de estudo” (Mól, 2017, p. 502). No contexto desta pesquisa, a opção pela abordagem qualitativa de natureza básica justifica-se pela necessidade de vivenciar processos de ensino e aprendizagem em contextos inclusivos, especialmente quando se trata da acessibilidade no ensino de Química para pessoas cegas.

Em relação ao nível da pesquisa, trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, segundo a classificação de Gil (2008). Para o autor, uma pesquisa é exploratória quando visa ampliar o entendimento sobre determinada temática. No presente trabalho, busca-se ampliar o entendimento acerca dos desafios enfrentados por estudantes DV na aprendizagem de conceitos abstratos como Ligações Químicas, especificamente as ligações covalentes, sendo essa temática pouco explorada nas condições de educação especial voltada para pessoas cegas. Adicionalmente, a pesquisa classifica-se como descritiva, pois busca descrever sistematicamente o aprimoramento de um material didático tátil para o ensino de Ligações Químicas a estudantes com deficiência visual.

3.2 A coleta de dados

Para a coleta de dados, foi realizado um levantamento bibliográfico, com o objetivo de identificar e analisar materiais didáticos e propostas pedagógicas que abordem o ensino de Ligações Químicas, em especial as ligações covalentes incluindo o significado de compartilhamento na Química, para estudantes com deficiência visual, a fim de conhecermos o que já foi publicado sobre a temática e consequentemente nortear nosso trabalho de reestruturação do material tátil. Para isso, foram consultadas publicações acadêmicas, tais como dissertações e teses, empregando de buscas no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), artigos científicos (pela plataforma SciELO), Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Google Acadêmico e materiais disponibilizados por instituições voltadas à inclusão educacional, como o Instituto Benjamin Constant, a fim de verificar se há produções voltadas especificamente para o ensino desse conteúdo em formato acessível, como o uso de recursos táteis.

Como critério de seleção dos trabalhos, foram lidos os títulos para verificar se havia termos como “ligações químicas”, “deficientes visuais”, “inclusão”, “material tátil” e, a partir disso, foram lidos os resultados e discussões para compreender o que foi desenvolvido no trabalho e identificar a proposta de material tátil para a temática de Ligações Químicas. O Quadro 1 sistematiza as estratégias de busca adotadas em cada plataforma, evidenciando os descritores e filtros utilizados para garantir a atualidade, relevância e aderência temática dos trabalhos selecionados.

Quadro 1 – Estratégia de busca bibliográfica por plataforma

Plataforma	Descritores utilizados	Filtros aplicados
Portal de Periódicos CAPES	“deficientes visuais” AND “química”; “cegos” AND “química”; “ligações químicas” AND “cegos”; “ligações químicas” AND “deficientes visuais”	Período: 2016–2025; idioma: português; revisado por pares; produção nacional; área do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra
SciELO	“deficientes visuais” AND “química”; “cegos” AND “química”; “ligações químicas” AND “cegos”; “ligações químicas” AND “deficientes visuais”	Período: 2016–2025; idioma: português

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)	“deficientes visuais” AND “química”; “cegos” AND “química”; “ligações químicas” AND “cegos”; “ligações químicas” AND “deficientes visuais”	Período: 2016–2025; idioma: português
Google Acadêmico	“deficientes visuais” AND “química”; “cegos” AND “química”; “ligações químicas” AND “cegos”; “ligações químicas” AND “deficientes visuais”	Período: 2016–2025

3.3 Produto Educacional

O presente trabalho envolveu o aprimoramento de um material tátil pré-existente, elaborado pela orientadora deste trabalho, para o ensino de ligações covalentes e ligações iônicas para estudantes com DV. Esse material foi aplicado em sala de aula com um estudante cego congênito, sendo utilizado para a resolução de exercícios depois que a professora da turma realizou explicações no quadro. Nesse momento, a orientadora deste trabalho acompanhou diretamente a manipulação do material pelo estudante, mediando suas interações, dificuldades e potencialidades.

A partir dessa aplicação, foi possível identificar que o material desenvolvido inicialmente não continha detalhes que deveriam ser considerados, a fim de minimizar as concepções alternativas dos estudantes, como por exemplo, formas de diferenciação dos átomos por meio de tamanhos das bolas de isopor, diferentes meios de representar as ligações sigma (σ) e pi (π) incluindo texturas para que os estudantes DV pudessem ter conhecimento de que são ligações distintas que estão sendo representadas, além de ser um modelo que não levava em consideração moléculas com mais de dois átomos.

Pensando nisso, foram feitos aprimoramentos tais como a diferenciação de tamanhos das esferas que representavam os átomos, texturas para diferenciar o grupo que pertencem, velcros adicionados atrás das esferas e fixadas na base do material para que os estudantes pudessem trocá-las conforme a representação da molécula, texturas para distinguir as ligações sigma e pi para que o estudante DV pudesse identificar que são ligação distintas, e por fim adicionar mais uma representação ao material de modo que levasse em consideração moléculas com mais de dois átomos. O objetivo principal deste material é estimular a compreensão sobre ligações covalentes e o significado do termo “compartilhar” na Química.

Em sinergia, trazemos também a proposta de uma sequência didática como sugestão para os docentes empregarem o material desenvolvido considerando que, ao realizar o levantamento bibliográfico, parte dos trabalhos analisados envolviam a produção de um material, no entanto, não havia a sugestão de como utilizá-lo em sala de aula. Além disso, reconhecemos que um material por si só não tem potencial suficiente para promover a aprendizagem, mas deve ser atrelado a mediação docente, uma vez que é o docente quem contribui para que o conteúdo seja compreensível a quem aprende e, assim, juntos contribuam para a construção do conhecimento por parte do estudante.

No contexto das pesquisas desenvolvidas na Área de Ensino, a elaboração de produtos educacionais tem como objetivo aproximar o conhecimento adquirido nas instituições de nível superior das práticas realizadas em sala de aula. Esses produtos podem ser classificados como sequências didáticas, materiais didáticos e objetos de aprendizagem, e têm como principal finalidade contribuir diretamente para o processo de ensino e aprendizagem. Para organizar e reconhecer esses materiais, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) estabelece uma classificação que reúne essas produções na categoria de Produtos Técnico-Tecnológicos (PTT).

Nesse sentido, o material desenvolvido neste trabalho é caracterizado como um produto educacional, uma vez que está alinhado às orientações da Área de Ensino da CAPES. De acordo com o que é apresentado na página oficial da Área de Ensino (Brasil, 2020), tanto a sequência didática quanto os objetos de aprendizagem são reconhecidos como PTT e se enquadram na categoria de material didático/instrucional, denominada PTT1 (Brasil, 2020, s/p). Essa classificação reforça o caráter pedagógico da proposta e destaca seu potencial de uso em contextos educacionais, especialmente por se tratar de um material pensado para apoiar a aprendizagem de forma acessível e significativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento bibliográfico

Os resultados da busca nas plataformas CAPES periódicos, SciELO, Google Acadêmico e BDTD se encontram no Quadro 2.

Quadro 2 – Processo de identificação e seleção dos trabalhos incluídos na pesquisa

Código	Descritores utilizados	Plataforma	Nº de resultados obtidos	Nº de trabalhos analisados após seleção utilizando os critérios estabelecidos	Título dos trabalhos analisados	Ano de publicação
A1	“deficientes visuais” AND “química”	Portal CAPES	9	2	Química além da visão: Uma proposta de material didático para ensinar química para deficientes visuais	2019
A2	“deficientes visuais” AND “química”	Portal CAPES	9	2	Proposta de um modelo tátil para o ensino de Química Orgânica para deficientes visuais	2024
A3	“cego” AND “ligações químicas”	Google Acadêmico	313	1	A utilização de recursos didáticos como métodos mediadores no ensino de química para alunos cegos	2017
A4	“deficientes visuais”	Google Acadêmico	167	1	Inclusão no Ensino de	2023

	AND “ligações químicas”				Química: um recurso didático inclusivo para o estudo de Ligações Químicas	
--	-------------------------------	--	--	--	--	--

Na plataforma CAPES, obteve-se nove resultados utilizando os descritores mencionados e dentre eles, apenas dois foram analisados, pois estavam de acordo com os critérios de seleção estabelecidos anteriormente. A seleção considerou a presença de discussões diretamente relacionadas à temática deste trabalho, especialmente no que se refere ao tratamento das Ligações Químicas, como eram abordadas, quais tipos de ligações eram trabalhadas, bem como a existência de proposição de material tátil voltado ao seu ensino para estudantes com DV. Assim, os dois estudos selecionados apresentaram maior aproximação com os objetivos desta pesquisa.

O primeiro trabalho (A1) é o estudo de Duarte et al. (2019) no qual desenvolveram materiais táteis para o ensino das propriedades da matéria a estudantes com DV, tais como: estados físicos, tipos de sistemas (heterogêneo e homogêneo), substâncias puras e compostas, além de mencionar o papel das Ligações Químicas no rearranjo de elementos químicos e formação de novas substâncias. Neste trabalho não há aprofundamento nos modelos de Ligações Químicas, apenas são citadas como parte do processo de formação de novas substâncias sendo representadas por tinta relevo em papel micro ondulado e cartão. Dessa forma, embora o trabalho contribua para a promoção da acessibilidade no ensino de conceitos introdutórios de Química, ele não contempla um aprofundamento específico no estudo das ligações covalentes, especialmente no que se refere à compreensão do conceito de compartilhamento de elétrons, que constitui um dos principais desafios no ensino desse conteúdo.

Já o segundo trabalho analisado (A2), é o de Derossi e Gonçalves (2024) que apresentam a criação de um modelo tátil tridimensional para o ensino de Química Orgânica a estudantes com DV. O material representa hidrocarbonetos e ligações químicas por meio de esferas conectadas por espirais de encadernação, nas quais, para diferenciar as ligações simples, duplas e triplas, altera-se apenas a quantidade de molas. Apesar disso, o trabalho traz certas limitações, tais como a necessidade de aprimoramento na representação das ligações pi

e representações mais proporcionais dos átomos conforme na literatura. Além disso, o foco principal do material está na representação estrutural de compostos orgânicos, não havendo um aprofundamento específico no conceito de ligação covalente enquanto interação baseada no compartilhamento de elétrons entre os átomos. A representação adotada prioriza o aspecto estrutural das moléculas, sem explorar de forma conceitual o processo de formação da ligação covalente e o significado do compartilhamento eletrônico, o que pode limitar a compreensão desse conceito fundamental por parte dos estudantes.

Além disso, foram utilizados descritores mais específicos na plataforma CAPES com o objetivo de identificar trabalhos semelhantes ao desenvolvido neste estudo, porém não foram obtidos resultados. A busca também foi realizada na plataforma SciELO, utilizando os mesmos descritores e, igualmente, não houve resultados que contribuíssem com o presente trabalho.

Na plataforma Google Acadêmico, após a análise dos títulos, resumos e metodologias dos trabalhos encontrados, verificou-se que a maioria apenas mencionava as Ligações Químicas de forma secundária, não contemplando diretamente a temática central desta pesquisa e por isso foram descartados da análise deste trabalho.

Entre os estudos identificados, destaca-se o trabalho de Macêdo; Pereira; Damasceno (2017) (A3) divulgado no IV Congresso Nacional de Educação (CONEDU), no qual envolveu a confecção de um material didático para cegos no ensino de Ligações Químicas, que utilizava esferas de isopor de diferentes tamanhos para diferenciar os átomos, e texturas distintas para distinguir o grupo da tabela periódica, além de terem desenvolvido a tabela periódica para auxiliar os estudantes na identificação dos diferentes grupos por meio das mesmas texturas utilizadas no material de Ligações Químicas, na qual foi confeccionada em isopor com elementos de alto relevo e a escrita em Braille. Contudo, não descreve de forma específica como foram representadas as Ligações Químicas do material.

Outro trabalho encontrado no Google Acadêmico e também selecionado para análise foi o de Piedade et al. (2023) (A4), divulgado no 42º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), no qual os autores propõem um material tátil para o ensino de Ligações Químicas a estudantes cegos. O modelo desenvolvido consistiu em uma placa de ferro dupla pintada na cor amarela, para servir como base para o material. As camadas eletrônicas foram representadas com folhas de ímãs em formato circular contendo a identificação das camadas eletrônicas (K, L, M, N, O, P e Q), em escrita Braille utilizando fitas adesivas transparentes do tipo rotex. Para representar os elétrons, foram utilizadas esferas magnéticas, encapadas

com papel azul, que poderiam ser fixadas nas fitas de ímã que representavam as camadas eletrônicas. Ao centro, o núcleo atômico foi representado em papel recortado quadrado, contendo símbolo químico, número atômico, além da escrita em Braille. Para representar a transferência de elétrons de um átomo para outro, o estudante deveria remover uma bolinha da última camada de um dos átomos e fixá-la na última camada do outro átomo (Piedade et al. 2023). Apesar das potencialidades do material, a limitação está na representação das ligações covalentes, pois nesse tipo de interação não envolve a transferência de elétrons, mas sim o compartilhamento deles.

Na plataforma BDTD, não foram encontrados trabalhos ao aplicar o filtro temporal correspondente ao período de 2016-2025. Os resultados obtidos referiam-se a produções anteriores a esse recorte temporal e, por não atenderem ao critério de seleção estabelecido, não foram incluídos na presente análise. Isso se repetiu para todos os descritores selecionados para a pesquisa nesta plataforma, o que reforça a importância do mesmo, uma vez que há escassez de produções científicas voltadas à inclusão de pessoas com DV no ensino de Química, especialmente no estudo de Ligações Químicas.

4.2 Material tátil para o ensino de ligação covalente

O primeiro material foi elaborado em setembro de 2024 para ser usado em sala de aula do ensino regular, no primeiro ano do Ensino Médio. O estudante, cego congênito, experienciou o material durante as aulas de uma escola pública da região de Ouro Preto. Naquele momento, a professora regente explicava o conteúdo para todos os estudantes e, em seguida, passava alguns exercícios para que eles fizessem. Esses exercícios eram corrigidos no quadro, com a participação dos estudantes.

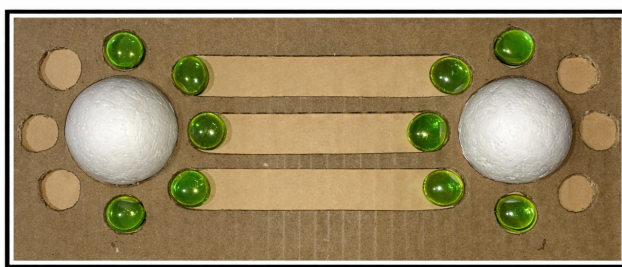
Para a resolução dos exercícios, o estudante cego empregava o material que será apresentado a seguir. Vale destacar que, a produção do material foi realizada em curto prazo, não sendo possível que todos os estudantes da turma pudessem usá-lo. Desse modo, o material se restringiu ao estudante cego e aos colegas que estavam em seu entorno, logo, não se tratou, infelizmente, de uma abordagem inclusiva em sua totalidade.

Vale destacar que as aulas foram acompanhadas pela professora orientadora da presente pesquisa, que explicou ao estudante cego a usabilidade do material e fazia a leitura das fórmulas moleculares que estavam no quadro. Em seguida, ele utilizava o material, montava as estruturas e a professora verificava se estava correto e discutia a questão do compartilhamento dos elétrons com o estudante, quando se tratava de uma ligação covalente.

Ao final das aulas, o estudante conseguiu montar todas as estruturas de forma correta, elogiou o material e, por isso, podemos considerar que foi validado.

Em relação a confecção desse material inicial, foi elaborado em uma base de papelão, como mostra a Figura 9, contendo duas bolas de isopor separadas, representando o núcleo do átomo nas quais cada uma continha oito cavidades circulares de mesmos tamanhos e equidistantes ao seu redor que foram preenchidas com bolinhas de gude para representar os elétrons da camada de valência. Entre as duas representações, haviam três cavidades para representar as ligações simples, duplas e triplas, permitindo que as bolinhas que representavam os elétrons se movessem de um lado para o outro, demonstrando assim o compartilhamento de elétrons que ocorre nas ligações covalentes (Figura 10).

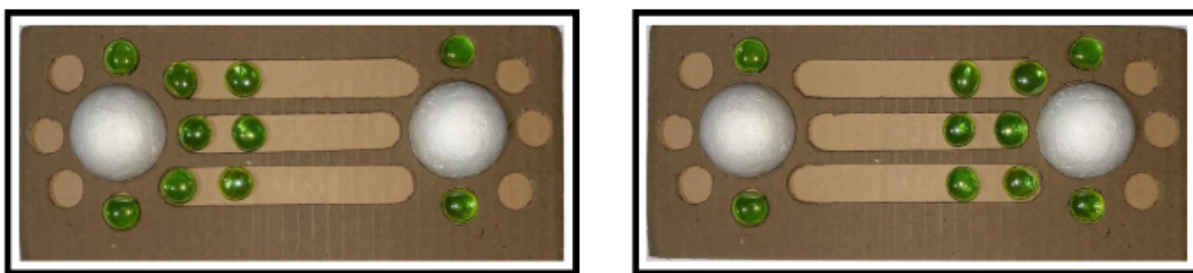
Figura 9 - Material tátil desenvolvido para o ensino de ligação covalente, para representar a molécula de N_2 .



Fonte: acervo da orientadora.

#ParaTodosVerem: A imagem apresenta um modelo tátil construído sobre uma base retangular de papelão. Nas extremidades esquerda e direita da base há duas esferas de isopor brancas, de mesmo tamanho, representando dois átomos iguais envolvidos em uma ligação covalente. Além disso, ao redor de cada esfera de isopor, contém oito cavidades circulares menores e equidistantes entre si para representar o número máximo de elétrons da camada de valência do átomo, sendo cinco delas preenchidas com bolinhas de gude. Entre as duas esferas de isopor, contém três cavidades retangulares e com as bordas côncavas, alinhadas horizontalmente e paralelas entre si, de modo que as bolinhas de gude se movimentem de um lado para o outro representando os três pares de elétrons compartilhados entre os dois átomos, caracterizando uma ligação covalente tripla. As tiras ficam levemente elevadas em relação à superfície da base, facilitando sua identificação pelo tato.

Figura 10 - Representação do compartilhamento de elétrons entre os átomos de nitrogênio (N) para a formação da molécula de N_2 .



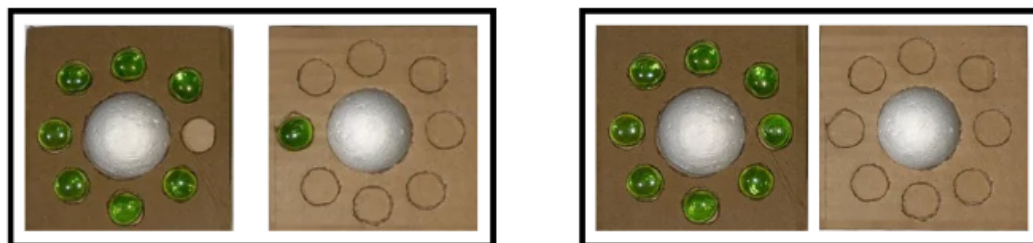
Fonte: acervo da orientadora.

#ParaTodosVerem: A figura apresenta duas imagens lado a lado de um material didático tátil confeccionado sobre uma base retangular de papelão. Cada base representa uma ligação covalente entre dois átomos. Em cada

extremidade da base há uma esfera de isopor branca, de mesmo tamanho, que representa o núcleo dos átomos envolvidos na ligação. Ao redor de cada esfera existem oito cavidades circulares menores, dispostas de forma equidistante, que representam a camada de valência, sendo cinco delas preenchidas com bolinhas de gude verdes, que simbolizam os elétrons. Entre as duas esferas centrais há três cavidades alongadas e paralelas, posicionadas horizontalmente, que permitem o deslocamento das bolinhas de gude de um lado para o outro, representando o compartilhamento de pares de elétrons característico das ligações covalentes. Na imagem da esquerda, as três cavidades centrais estão preenchidas por pares de bolinhas de gude, que estão deslocadas para a esquerda indicando o compartilhamento de três pares de elétrons e a formação de uma ligação covalente tripla. Na imagem da direita, observa-se a mesma distribuição das bolinhas de gude, porém deslocadas para a direita indicando que os elétrons compartilhados se movimentam, estando tanto no átomo da direita quanto no da esquerda.

Juntamente com esse primeiro material, também havia outro para representar as ligações iônicas. Esse material consistiu em duas bases separadas, também de papelão, e ao centro havia uma bola de isopor para representar os átomos e ao seu entorno oito cavidades circulares que poderiam ser preenchidas com as bolinhas de gude para representar os elétrons da camada de valência dos átomos (Figura 11). Nesse material, a ideia principal era explicar sobre a transferência de elétrons que ocorre nas ligações iônicas, logo, o estudante deveria retirar uma bolinha de gude de um lado e colocar na cavidade do outro como mostra a Figura 11. No entanto, esse material não será foco desta investigação e por isso não apresentamos uma análise ou correção aprofundada.

Figura 11 - Material tátil desenvolvido para o ensino de ligações iônicas. Abaixo está a representação do composto iônico NaCl.



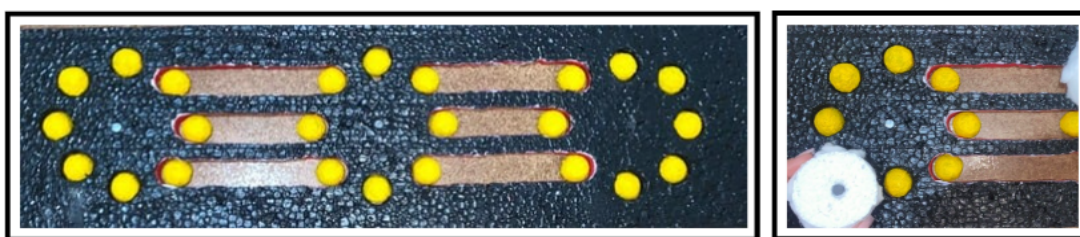
Fonte: acervo da orientadora.

#ParaTodosVerem: A figura apresenta a representação tátil do processo de formação da ligação iônica. À esquerda da figura, observam-se duas bases de papelão dispostas lado a lado, cada uma composta por uma esfera de isopor posicionada ao centro e oito cavidades circulares equidistantes ao redor. Na base localizada à esquerda, sete das oito cavidades estão preenchidas com bolas de gude verdes, enquanto na base à direita apenas uma das cavidades contém uma bola de gude verde, representando a distribuição eletrônica dos átomos antes da ligação. Na parte direita da figura, também são apresentadas duas bases de papelão, cada uma contendo uma esfera de isopor central e oito cavidades circulares equidistantes. Nesse caso, a base da esquerda possui todas as oito cavidades preenchidas com bolas de gude verdes, enquanto a base da direita não apresenta nenhuma cavidade preenchida.

A fim de realizar melhorias no material para o ensino de ligações covalentes, a proposta consistiu na confecção de uma base retangular de isopor, com dimensões aproximadas de 63 cm de comprimento por 18 cm de altura. Sobre essa base, foram organizadas três representações iguais que foram confeccionadas utilizando um molde feito previamente, sendo uma ao lado esquerdo, ao centro e outra ao lado direito. Cada

representação possui um espaço ao centro contendo um ímã pequeno para ser encaixado a esfera de isopor serrada ao meio, que dispunha do mesmo ímã de modo que fixe na base do material e seja removível para representar o núcleo dos átomos (Figura 12). Ao seu entorno foram confeccionadas, com o auxílio de um ferro de solda para perfurar o isopor, oito cavidades¹¹ circulares equidistantes e de mesmos tamanhos, preenchidas com esferas de isopor menores e removíveis para representar a camada de valência e seus respectivos elétrons de cada átomo, que receberam textura áspera utilizando purpurina e pintadas de amarelo como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Base do material tátil desenvolvido para o ensino de ligações covalentes após aprimoramentos¹².



Fonte: autoria própria.

#ParaTodosVerem: A imagem é composta por duas fotografias dispostas lado a lado, que apresentam o material tátil desenvolvido para a representação de ligações covalentes. A base do material é confeccionada em isopor, com o fundo pintado de preto, criando contraste visual e tátil. Na imagem à esquerda, observa-se uma base retangular contendo três conjuntos de cavidades horizontais paralelas vazadas, localizadas entre duas regiões circulares que representam os átomos envolvidos na ligação. Em cada extremidade dessas cavidades há pequenas esferas amarelas, que simbolizam os elétrons, os quais podem se deslocar ao longo dos trilhos, representando o compartilhamento eletrônico característico das ligações covalentes. Ao redor de cada região circular, encontram-se oito esferas amarelas menores, dispostas de forma equidistante, representando os elétrons de valência, todos com textura áspera, facilitando sua identificação tátil. Na imagem à direita, é apresentado um recorte ampliado do material, destacando um ímã circular de pequeno tamanho posicionado ao centro de uma das representações atômicas, rodeado pelas oito esferas amarelas texturizadas. À esquerda desse recorte, observa-se uma esfera branca de isopor, maior, cortada ao meio, que possui um ímã colado em sua superfície interna, permitindo que seja fixada ou removida da base, possibilitando diferentes configurações e representações do modelo atômico.

Em seguida, foi colada com cola quente, uma segunda base de isopor de mesmo tamanho abaixo, com a finalidade de reforçar a estrutura do material e, ao mesmo tempo, servir como suporte de encaixe para as esferas.

Além disso, para representarmos e diferenciarmos os átomos de Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N) e Flúor (F) foi utilizado diferentes tamanhos de bolas para considerar seus diferentes raios atômicos (Figura 13), tendo um total de três bolas com mesmas texturas e tamanhos, para que a quantidade não influencie na escolha dos

¹¹ Oito cavidades que representam o número máximo de elétrons que podem ser distribuídos na última camada (Q), onde ocorrem as interações para formação das Ligações Químicas.

¹² A imagem apresenta caráter meramente ilustrativo, tendo como objetivo evidenciar a base do material tátil e os elementos que o compõem. Não correspondendo, portanto, à representação fiel da quantidade real de elétrons da camada de valência dos átomos.

estudantes durante a atividade. Para cada esfera de diferentes tamanhos, foi dada também uma textura, sendo elas: algodão, estrelas decorativas, EVA, barbante e a própria textura do isopor. Optamos por não adicionar a escrita em Braille da sigla dos átomos nas esferas para que seja possível utilizar o material caso o docente opte por representar outras moléculas com outros átomos e, também, por não ser unânime o conhecimento do Braille por todos os DV. Contudo é importante que defina as texturas para cada átomo previamente.

Figura 13 - Esferas de isopor texturizadas utilizadas para diferenciação dos átomos.



Fonte: autoria própria.

#ParaTodosVerem: Imagem com fundo branco apresentando esferas texturizadas. Da esquerda para a direita, observam-se três pequenas esferas brancas de isopor, lisas, com aproximadamente 1,5 cm de diâmetro.

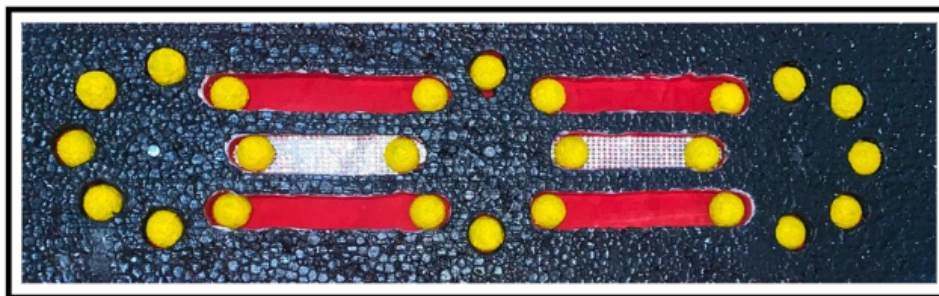
Em seguida, aparecem três esferas amarelas, com cerca de 3,5 cm de diâmetro, formadas por estrelas decorativas, conferindo textura áspera. Logo após, há três esferas brancas de aproximadamente 5,0 cm de diâmetro, com barbante colado em formato de espiral, formando um relevo circular contínuo. Na sequência, há três esferas brancas maiores, com cerca de 6,0 cm de diâmetro, revestidas com algodão, apresentando textura macia e irregular. Por fim, à direita da imagem, encontram-se três esferas verdes de EVA, com aproximadamente 7,5 cm de diâmetro, de textura macia e levemente emborrachada, que representam o átomo de carbono.

Sugerimos que a diferenciação dos átomos no material considere não apenas as texturas, mas também a variação no tamanho das esferas, de modo a representar, de forma simplificada, o raio atômico e respeitar as propriedades periódicas. Assim, neste trabalho, as esferas brancas de isopor, de textura lisa e aproximadamente 1,5 cm de diâmetro, foram utilizadas para representar o átomo de hidrogênio. A esfera amarela, de textura áspera, composta por estrelinhas decorativas e com cerca de 3,5 cm, representa o átomo de flúor. Para o oxigênio, utilizou-se uma esfera com barbante colado em formato de espiral, com aproximadamente 5,0 cm, enquanto o nitrogênio foi representado por uma esfera com textura de algodão, de cerca de 6,0 cm. Por fim, a esfera de EVA verde, com textura macia e levemente emborrachada, de aproximadamente 7,5 cm foi adotada para representar o átomo de carbono.

Para representar as ligações simples, dupla e tripla, utilizou-se três cavidades horizontais semelhante às utilizadas no material de referência, entre as três representações dos átomos, sendo uma cavidade para a ligação simples, duas paralelas para a ligação dupla e três

para a ligação tripla, de modo que as bolinhas que representam os elétrons possam se movimentar de um lado para o outro, contribuindo para o entendimento do significado de “compartilhamento” na Química. Para diferenciar as ligações sigma e pi, foram utilizadas texturas distintas, sendo a textura aveludada para a ligação sigma e *strass* para as ligações pi, de modo que o estudante DV pudesse diferenciá-las (Figura 14).

Figura 14 - Representação das ligações simples, dupla e tripla com diferenciação tátil entre ligações sigma e pi.

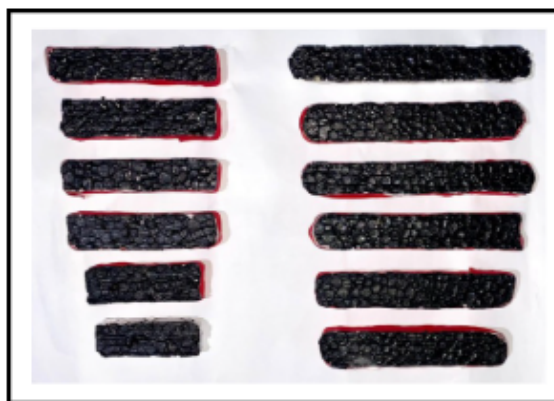


Fonte: autoria própria.

#ParaTodosVerem: A imagem apresenta o material tátil utilizado para representar ligações covalentes, disposto sobre uma base retangular de isopor com fundo pintado de preto. Ao centro da base, observam-se três cavidades horizontais paralelas, posicionadas entre duas regiões circulares que representam átomos. Cada cavidade é composta por duas texturas distintas, a cavidade superior e inferior vermelha, confeccionada em papel de camurça com textura macia e aveludada, já a cavidade central, é formada por strass prata, dando a textura rugosa e em relevo. Em cada extremidade das cavidades há pequenas esferas amarelas, permitindo seu deslocamento ao longo dos trilhos. Ao redor de cada região circular, encontram-se oito esferas amarelas menores, distribuídas de forma equidistante, todas com textura áspera.

Juntamente com o material, elaboramos encaixes de mesmo tamanho das canaletas destinadas às ligações, os quais possibilitam delimitar as utilizadas em cada situação (Figura 15), garantindo que apenas aquelas correspondentes ao número correto de pares de elétrons compartilhados fiquem acessíveis, o que contribui para evitar erros na representação das moléculas. Optamos por fazer encaixes das canaletas para que não seja necessário confeccionar diversos materiais, e além disso, pensamos na autonomia do estudante, já que ele mesmo poderá decidir como será feita a representação da molécula desejada, considerando o número de elétrons a ser compartilhado.

Figura 15 - Encaixes para delimitar as canaletas não utilizadas do material tátil



Fonte: autoria própria.

#ParaTodosVerem: A imagem apresenta um fundo branco sobre o qual estão dispostos vários encaixes das canaletas do material. Os encaixes são peças retangulares alongadas, feitas com isopor e pintadas de cor preta. As peças possuem contorno vermelho visível nas bordas laterais feitas com tiras de papel camurça. Os encaixes estão organizados em duas colunas verticais e na coluna da esquerda há peças de diferentes comprimentos, sendo as superiores mais longas e as inferiores progressivamente menores. Já na coluna da direita há peças mais longas, com comprimentos semelhantes entre si e bordas levemente arredondadas. Todas as peças estão posicionadas horizontalmente e separadas umas das outras por pequenos espaços, permitindo visualizar individualmente cada encaixe.

Entre as limitações do material desenvolvido, destaca-se a não consideração das diferenças de polaridade e do comprimento das ligações covalentes, aspectos que são relevantes para uma compreensão mais aprofundada das interações químicas. Outra limitação refere-se à forma de representação dos elétrons, que, no material, aparecem distribuídos de maneira equidistante, quando o mais adequado do ponto de vista conceitual seria representá-los em pares. Essa escolha foi intencional e esteve relacionada à necessidade de simplificar, em um primeiro momento, os conceitos abordados, priorizando a construção de uma compreensão inicial sobre um dos modelos de Ligações Químicas, buscando favorecer a compreensão do conceito de compartilhamento das ligações covalentes.

4.3 Proposta de sequência didática para a utilização do material tátil

A sequência didática apresentada a seguir contém duas aulas como sugestão para os docentes implementarem o material desenvolvido neste trabalho, de modo que busque enfatizar o conceito de compartilhamento em ligações covalentes. É importante considerar que cada turma/escola possui particularidades que devem ser consideradas, por isso elaboramos essa sequência didática como sugestão, de modo que o docente possa realizar as adaptações que julgar necessárias.

Para a compreensão das Ligações Químicas, consideramos ser necessário que os estudantes já tenham conhecimento da estrutura atômica, propriedades periódicas, formação de íons e, principalmente, distribuição eletrônica, já que essas temáticas fazem parte da abordagem das Ligações Químicas. Além disso, recomendamos que o docente inicie pela ligação covalente, uma vez que ela se conecta de forma mais direta com o que o estudante cursou sobre estrutura eletrônica. Falar de compartilhamento de elétrons costuma ser mais intuitivo e menos abstrato para quem ainda está se familiarizando com modelos atômicos. Outro ponto a ser destacado é que a ligação covalente permite partir de exemplos simples e presentes no cotidiano, o que facilita a construção dos primeiros significados sobre o que é, de fato, uma Ligação Química. Quando o estudante compreende esses conceitos, se torna mais coerente avançar para as ligações iônicas e metálicas, que exigem etapas conceituais adicionais, como a formação de íons ou a ideia de elétrons deslocalizados (como o mar de elétrons na ligação metálica). Assim, começar pela ligação covalente tende a tornar a sequência de aprendizagem mais coerente.

4.3.1 Aula 1: Compreendendo o significado de “compartilhar” nas ligações covalentes

Momento 1: Para dar início, é feita uma atividade prática para explorar o significado cotidiano de compartilhar. O docente entrega aos estudantes um objeto simples, como uma caixa de bis ou um livro e pede que a turma compartilhe entre si. Poderá ser observado que, naturalmente, os estudantes dividem o item ou revezam o uso, mostrando que compreendem “compartilhar” como distribuir partes, de modo que cada um fique com uma parte do item ou alternem o acesso. Após essa vivência, o docente conduz uma breve reflexão oral, questionando se os estudantes acreditam que na química, a palavra “compartilhar” apresenta o mesmo significado do cotidiano.

Momento 2: Após esse questionamento inicial, antes de iniciar a temática de Ligações Químicas, poderá ser feita uma revisão com os estudantes de forma breve sobre a estrutura do átomo, mostrando que consistem em um núcleo e elétrons organizados em camadas ao seu redor. Além disso, nesse momento é importante que o docente enfatize que as Ligações Químicas envolvem os elétrons da última camada, ou seja, da camada de valência, para que tanto os estudantes DV quanto os videntes possam atribuir essa informação ao material apresentado.

Momento 3: Em seguida, o docente realiza uma introdução conceitual às ligações covalentes. Deve ser explicado que a ligação covalente ocorre quando os átomos

compartilham pares de elétrons simultaneamente, o que significa que esses elétrons deixam de pertencer exclusivamente a um único átomo para ocupar uma região comum entre ambos.

Além disso, é importante que o docente aborde que a ligação covalente pode ocorrer tanto entre átomos iguais quanto entre átomos diferentes. Deve ser discutido que quando os átomos possuem eletronegatividades iguais ou muito próximas, o compartilhamento é equilibrado, caracterizando uma ligação covalente apolar. Por outro lado, quando os átomos apresentam eletronegatividades diferentes, o compartilhamento torna-se levemente desigual, resultando em uma ligação covalente polar, de modo que um dos átomos exerce maior atração sobre os elétrons compartilhados. Esse entendimento inicial acerca da polaridade é importante para que os estudantes, especialmente aqueles com DV, consigam construir uma imagem mental coerente das interações químicas, a fim de evitar que pensem que todas as ligações covalentes são da mesma maneira, independente dos átomos envolvidos nelas.

Momento 4: Para finalizar a primeira aula, sugerimos que o docente retome a questão inicial com os estudantes, perguntando se eles acreditam que o termo “compartilhar” no cotidiano pode ser aplicado à Química da mesma maneira, ou seja, com o mesmo significado. Essa etapa para a finalização da aula é importante para que o docente identifique se ainda há lacunas no entendimento dos estudantes, e se houver que seja esclarecido naquele momento.

4.3.2 Aula 2: Utilizando o material tátil para avaliar a compreensão do conceito de compartilhamento nas ligações covalentes

Momento 1: Para dar início a segunda aula, o docente realiza uma retomada dos principais conceitos trabalhados na aula anterior. Relembra o significado cotidiano de “compartilhar”, destacando a reflexão final da primeira aula, quando os estudantes discutiram se esse termo tem o mesmo sentido na Química. A partir disso, retoma a diferença entre o compartilhamento no dia a dia e do ponto de vista químico, retoma brevemente a estrutura dos átomos e de seus elétrons e reforça o conceito de ligação covalente, incluindo a distinção entre ligações covalentes polares e apolares. Essa revisão é breve e tem o objetivo de relembrar os conceitos discutidos e necessários para a atividade prática envolvendo o material tátil. O docente pode realizar perguntas simples, como: “O que acontece com os elétrons quando dois átomos fazem uma ligação covalente?” ou “O que significa dizer que uma ligação covalente é polar?” estimulando a discussão e sanando dúvidas, caso houver.

Momento 2: Após a revisão, o docente solicita que a turma forme grupos de até cinco pessoas e distribui um material tátil para cada grupo, permitindo que todos os estudantes,

inclusive o estudante DV, explorem o material pelo toque e pela observação. Além disso, orienta a exploração das cavidades centrais que representam os núcleos dos átomos, das oito cavidades laterais destinadas aos elétrons isolados e dos trilhos centrais que simbolizam a região onde ocorre o compartilhamento de elétrons, podendo ser um, dois ou três pares de envolvidos.

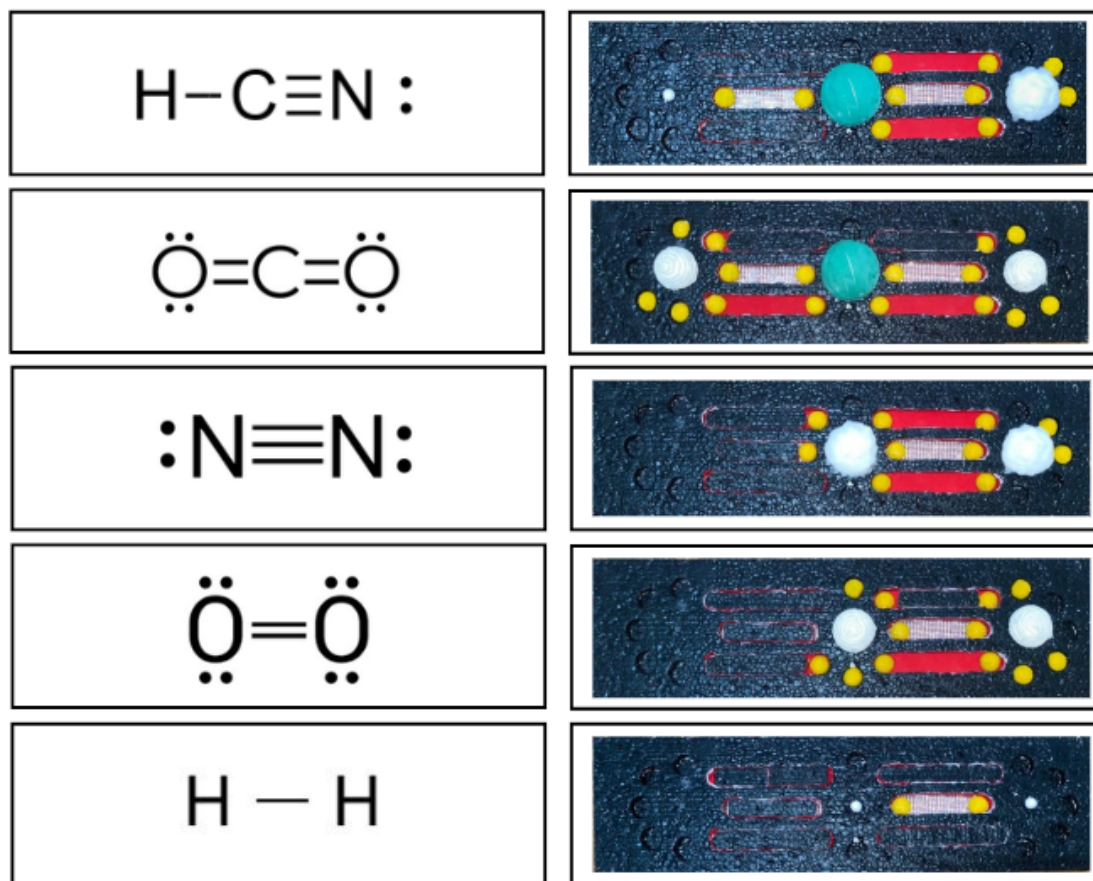
O docente explica também que cada trilho possui encaixes, que servem para bloquear partes do trilho que não serão utilizadas, permitindo que o grupo deixe disponível apenas a quantidade necessária para representar corretamente o número de pares de elétrons compartilhados em cada molécula. Assim, caso a molécula exija apenas um par compartilhado, os estudantes deixam apenas um encaixe acessível no trilho e fecham os demais, evitando confusão durante a montagem. Esse detalhe garante que a construção das moléculas seja fiel ao modelo químico e facilita especialmente a compreensão tátil por parte do estudante DV.

Momento 3: Neste momento da aula, o docente propõe uma atividade, na qual os estudantes possam utilizar ativamente o material tátil para representar diferentes tipos de ligações covalentes. Para isso, os estudantes, organizados em grupos, recebem a orientação de construir modelos de moléculas, como por exemplo: HCN, CO₂, N₂, O₂ e H₂. Ainda, nesse momento é sugerido que essa atividade inicie pelas moléculas mais simples, como aquelas formadas por átomos iguais, e avançando gradativamente para situações que envolvam maior complexidade, como ligações duplas, triplas e as que possuem mais de um tipo de ligação covalente na mesma molécula.

Para que possam construir as moléculas no material, os grupos devem identificar a quantidade de elétrons de valência de cada átomo, posicionar os elétrons isolados nas cavidades laterais do material e analisar quantos pares de elétrons devem ser compartilhados entre si. A partir dessa decisão, os estudantes ajustam os encaixes do trilho central, mantendo acessível apenas o número necessário de pares de elétrons, de modo que a representação esteja de acordo com o modelo químico correto. Durante toda a atividade, o docente circula entre os grupos, podendo realizar mediações e questionamentos que estimulem a reflexão conceitual, como a relação entre o número de elétrons compartilhados e a estabilidade dos átomos envolvidos. A Figura 16 apresenta a representação das moléculas propostas para a utilização do material, servindo como referência ao docente durante a condução da atividade e auxiliando no acompanhamento das construções realizadas pelos estudantes. Para o estudante com DV, é fundamental que o docente explore a mediação verbal e incentive a exploração tátil

do material, garantindo que a construção do modelo favoreça a compreensão do conceito de compartilhamento dos elétrons.

Figura 16 - Representação das moléculas propostas utilizando o material tátil.



Fonte: autoria própria.

#ParaTodosVerem: A imagem apresenta um quadro comparativo organizado em cinco linhas horizontais e duas colunas. Em cada linha, à esquerda, há a representação simbólica bidimensional de uma molécula por meio da fórmula estrutural; à direita, há a representação tátil da mesma molécula, construída sobre uma base retangular de isopor com fundo preto. Na primeira linha, à esquerda, aparece a fórmula estrutural da molécula HCN, com o átomo de carbono ligado ao hidrogênio por uma ligação simples e ao nitrogênio por uma ligação tripla. À direita, a representação tátil mostra três trilhos paralelos entre a esfera verde maior ao centro, e a esfera branca, com textura de algodão, à direita, indicando a ligação tripla, e um trilho único entre a esfera menor branca de isopor à esquerda e a esfera verde ao centro, indicando a ligação simples. Além disso, os outros trilhos que não estão sendo utilizados possuem um encaixe da mesma cor da base do material para isolá-las. Em cada trilho há uma esfera amarela menor nas extremidades, e, juntamente com a esfera de algodão, fora dos trilhos, há duas cavidades ao redor que estão preenchidas com esferas amarelas de textura áspera. Na segunda linha, à esquerda, aparece a fórmula estrutural da molécula de CO_2 , na qual o átomo de carbono encontra-se ligado a dois átomos de oxigênio por duas ligações duplas. À direita, a representação tátil apresenta a esfera verde maior ao centro, conectada a duas esferas brancas com textura de algodão, posicionadas uma à esquerda e outra à direita. Entre a esfera verde central e cada uma das esferas de algodão das extremidades, há dois trilhos paralelos. Cada trilho contém uma esfera amarela menor nas extremidades e ao redor das esferas de algodão, há quatro cavidades laterais preenchidas com esferas amarelas de textura áspera, correspondentes aos elétrons não compartilhados. Na terceira linha, à esquerda, encontra-se a fórmula estrutural da molécula de N_2 , representada por dois átomos de nitrogênio ligados por uma ligação tripla. À direita, a representação tátil mostra duas esferas brancas com textura de algodão posicionadas uma ao lado da outra. Entre elas, há três trilhos paralelos. Em cada trilho, encontram-se esferas amarelas menores nas extremidades, e nas regiões externas às ligações, duas cavidades ao redor de cada esfera estão preenchidas com esferas menores amarelas de textura áspera. Na quarta linha, à esquerda, observa-se a fórmula estrutural da molécula de O_2 , composta por dois átomos de oxigênio ligados por

uma ligação dupla. À direita, o modelo tátil apresenta duas esferas brancas com textura de algodão conectadas por dois trilhos paralelos e cada trilho possui esferas amarelas menores em suas extremidades. Ao redor de esfera de algodão, há quatro cavidades circulares que estão preenchidas com esferas amarelas de textura áspera. Na quinta linha, à esquerda, aparece a fórmula estrutural da molécula de H_2 , na qual dois átomos de hidrogênio estão ligados por uma ligação simples. À direita, a representação tátil mostra duas esferas menores brancas de isopor conectadas por um único trilho central, e em cada extremidade do trilho há uma esfera amarela menor de textura áspera enquanto as demais cavidades permanecem fechadas e sem utilização.

Momento 4: No encerramento da primeira aula, o docente propõe uma atividade reflexiva com o objetivo de consolidar o significado do termo “compartilhar” no contexto das ligações covalentes (Apêndice 1). Para isso, são apresentados aos estudantes dois diferentes significados da palavra, retirados de dicionários da língua portuguesa, que possui relação a usos cotidianos como dividir algo entre pessoas, revezar o uso de um objeto ou tornar algo comum. A partir da análise desses significados, é solicitado que os estudantes discutam se essas definições são suficientes para explicar o que ocorre quando os átomos estabelecem uma ligação covalente. Em seguida, o docente propõe a criação coletiva de um terceiro significado, no qual os próprios estudantes contribuem para “ampliar o dicionário”, formulando uma definição que represente o sentido de compartilhamento na Química. É esperado que nesse momento, os estudantes digam que esse tipo de compartilhamento não se assemelha ao do cotidiano, como feito com os itens distribuídos no início da aula de dividir ou alternar o uso de um objeto, que na ligação covalente, os elétrons compartilhados existem ao mesmo tempo nos dois átomos envolvidos.

A atividade deve ser discutida coletivamente, mas realizada individualmente por todos os estudantes. Essa organização favorece a troca de ideias entre os colegas e, ao mesmo tempo, possibilita que cada estudante explicita as aprendizagens construídas ao longo da aula. Além disso, permite ao docente identificar o nível de compreensão conceitual alcançado pela turma, bem como possíveis dificuldades que ainda necessitem de mediação pedagógica.

Momento 5: Após a escrita dos estudantes sobre o significado de “compartilhar” na Química, o docente realiza a sistematização dos conceitos trabalhados, retomando de forma coletiva os principais pontos abordados ao longo da atividade solicitando que cada estudante leia em voz alta o que escreveu. Em seguida, é importante que o docente reforce que assim como abordado na atividade prática, as ligações covalentes envolvem o compartilhamento simultâneo de elétrons entre átomos, que o número de pares compartilhados determina se a ligação é simples, dupla ou tripla e, além disso, as diferenças de eletronegatividade entre os átomos influenciam a polaridade da ligação, apesar desse último não ter sido explorado no material, mas discutido durante a primeira aula e na atividade prática. O docente pode solicitar que alguns estudantes, inclusive o DV, descrevam verbalmente o que compreenderam

a partir da manipulação do material tátil, favorecendo a consolidação da aprendizagem e assegurando que o recurso utilizado cumpriu sua função pedagógica e inclusiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A realização deste trabalho permitiu refletir sobre a importância da criação de estratégias didáticas acessíveis para o ensino de Química, especialmente quando se trata de conteúdos abstratos, como as Ligações Químicas, no contexto da educação de estudantes com DV. A proposta de elaboração de um material tátil, articulada a uma sequência didática, teve como objetivo ampliar as possibilidades de compreensão desses conceitos, reconhecendo o tato como um caminho legítimo para a aprendizagem e contribuindo para práticas pedagógicas mais inclusivas.

A partir do levantamento bibliográfico realizado, do processo de construção do material e da experiência prévia com um material inicial utilizado por um estudante cego relatado pela professora orientadora deste trabalho, é possível indicar que o recurso desenvolvido apresenta potencial pedagógico para auxiliar na compreensão das Ligações Químicas. Esse potencial não se baseia em uma validação em sala de aula, mas em evidências apontadas pela literatura da área, que destacam a importância dos materiais táteis na organização do pensamento e na concretização de conteúdos abstratos, além das reflexões geradas durante o desenvolvimento do próprio material e da validação do material inicial.

Outro ponto importante diz respeito à escolha dos materiais utilizados na confecção do recurso. Embora inicialmente tenha sido considerada a possibilidade de produzir o material por meio da impressão 3D, optou-se pelo uso de materiais simples e de baixo custo, como o isopor, pensando na viabilidade de reprodução do recurso por outros professores em diferentes contextos escolares. Essa escolha busca tornar o material mais acessível e favorecer sua utilização em realidades educacionais com poucos recursos.

Destaca-se ainda como um diferencial deste trabalho a elaboração de uma sequência didática que orienta a utilização do material tátil. A partir do levantamento bibliográfico, observou-se que boa parte dos trabalhos voltados à confecção de materiais táteis não apresentam sugestões de como esses recursos podem ser utilizados em sala de aula. Nesse sentido, a sequência didática proposta busca preencher essa lacuna, oferecendo ao docente um caminho possível para integrar o material ao planejamento das aulas e potencializar seu uso pedagógico.

Como perspectiva futura, aponta-se a aplicação e validação do material em contextos reais de ensino, bem como seu aprimoramento por meio da impressão 3D, o que pode permitir maior precisão nas representações, além de maior resistência e a inclusão de aspectos como a polaridade e tamanho das ligações covalentes. Além dos aspectos técnicos, ressalta-se a

importância do trabalho colaborativo entre o professor da sala comum e o professor do Atendimento Educacional Especializado (AEE) na produção e adaptação de materiais acessíveis. Essa colaboração é fundamental, pois o professor do AEE possui formação específica voltada à educação especial e pode contribuir com sugestões sobre as formas mais adequadas de representação tátil, organização das informações e estratégias que favoreçam a compreensão conceitual dos estudantes com DV. Dessa forma, a atuação conjunta entre esses profissionais possibilita o desenvolvimento de recursos mais eficazes e alinhados às necessidades dos estudantes, fortalecendo práticas pedagógicas inclusivas.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para reflexões sobre práticas inclusivas no ensino de Química e incentive o desenvolvimento de materiais que considerem tanto a acessibilidade quanto a realidade dos professores e das escolas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMINOS, C. **Fundamentos da educação especial:** aspectos históricos, legais e filosóficos. Indaial: Uniasselvi, 2018. Disponível em: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=29978#:~:text=Prezado%C3%AAmico%C2%20seja%20bem%2Dvindo,aos%20que%20t%C3%AAm%20alguma%20defici%C3%AAncia>. Acesso em: 08 jul. 2025.

ALVES, M.; BEGO, A. M. O planejamento didático-pedagógico de professores de química em formação inicial. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 20, e14625, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/14625>. Acesso em: 12 fev. 2026.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas; Paralelo Editora; Alicerce Editora, 2000. Disponível em: https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/pro-reitoria/graduacao-assuntos-acad/forum/X_Forum/livroAusubel.2000_Aquisicao_e_retencao_de_conhecimentos.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

BOO, H. K. Student's understandings of chemical bonds and energetics of chemical reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, 1998, 35(5), 569-581. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291098-2736%28199805%2935%3A5%3C569%3A%3AAID-TEA6%3E3.0.CO%3B2-N>. Acesso em: 08 jul. 2025.

BOTH, J. **Química geral e inorgânica**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.164.ISBN 9788595026803. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026803/>. Acesso em: 06 ago. 2025.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular:** Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 08 nov. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 nov. 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Glossário da educação especial: Censo Escolar 2024**. Brasília, DF: Inep, 2024. Disponível em: https://download.inep.gov.br/pesquisas_estatisticas_indicadores_educacionais/censo_escolar/orientacoes/matricula_inicial/glossario_da_educacao_especial_censo_escolar_2024.pdf. Acesso em: 07 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 2, 7 jul. 2015. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/326203711/lei-13146-15>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. 1ª. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2016. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_led.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **A inclusão escolar de alunos com necessidades educacionais especiais DEFICIÊNCIA FÍSICA**. Brasília, DF: MEC, 2006. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/deffisica.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BRASIL. **Orientações para Registro da Produção Técnica Tecnológica Ensino**. Área de Ensino. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ORIENTACOES_REGISTRO_PRODUCAO_TECNICA_TECNOLOGICA_ENSINO.pdf. Acesso em: 19 nov. 2025.

BROWN, T. L. et al. **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2016. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 jul. 2025.

CAMARGO, E. P. de. **Inclusão Escolar dos alunos público-alvo da Educação Especial: Pesquisas em Ensino de Física, Química, Biologia e Astronomia**. São Paulo: Livraria da Física, 1ª edição, 2020.

CAMPOS, R. C. P. R. de (org.). **Cegueira e Inclusão Escolar: desfazendo rótulos**. Editora CRV: Curitiba, 2016.

CHANG, R. **Química geral**. 4.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2010. E-book. pág. 263. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788563308177/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

COMPARTILHAR. In: **DICIONÁRIO da Língua Portuguesa**. Lisboa: Priberam Informática, 2008-2021. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/compartilhar>. Acesso em: 19 dez. 2025.

DEROSSI, I. N.; GONÇALVES, L. K. S. Proposta de um modelo tátil para o ensino de Química Orgânica para deficientes visuais. **Revista Insignare Scientia – RIS**, Chapecó, v. 7, n. 4, p. 389–403, 2024. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/14476>. Acesso em: 16 out. 2025.

DINIZ, D. **O que é deficiência**. Publicação original: 2007. Digitalizado em: 2010. Disponível em: <https://ufmg.br/giz/wp-content/uploads/2025/08/O-que-e-deficiencia-Diniz-2007.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2025.

FELTRE, R. **Química**. Vol. 1: Química Geral. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. Disponível em: <https://quimicales.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/09/quimica-feltre-vol-1.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. **Química Nova na Escola**, v. 24, p. 20-24, 2006. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/af1.pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

FERNANDES, J.; FRANCO-PATROCÍNIO, S. de O.; ZAMBELLI, M. H.; FREITAS-REIS, I. A elaboração de materiais para o ensino de modelos atômicos e distribuição eletrônica para discente cego: produtos de um projeto PROBIC-JR. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 6, 2017. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID405/v12_n6_a2017.pdf. Acesso em: 18 ago. 2025.

FERNANDES, T. C. **Ensino de química para deficientes visuais: a importância da experimentação e dos programas computacionais para um ensino mais inclusivo**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1265/1/CT_PPGFCET_M_Fernandes%2c%20Tatyane%20Caruso_2014%20.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.

FILGUEIRA, B. L. A. **Guia para desenvolvimento de políticas institucionais de acessibilidade e inclusão das PcD nas Universidades públicas do Brasil**, 2021. Disponível em:

https://sites.ufca.edu.br/ppgb/wp-content/uploads/sites/20/2022/05/Produto-de-pesquisa_Barbara_Guia-para-desenvolvimento-das-Politicass-de-acessibilidade.pdf. Acesso em: 18 ago. 2025.

GRUPO DE ESTUDO E PESQUISA EM ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE. **Rompendo barreiras**: guia prático de orientação e mobilidade do Instituto Benjamin Constant [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ibc/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/revista-cientifica-2014-benjamin-constant/copy_of_livros/materiais-didaticos-1/guia-o-m_final_-1.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2024: resumo técnico**. Brasília, publicado em 09 abr. 2025. Disponível em: https://download.inep.gov.br/censo_escolar/resultados/2024/apresentacao_coletiva.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 75-83, 1991. Acesso em: 10 jul. 2025. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>. Acesso em: 05 ago. 2025.

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**. São Paulo, SP: Blucher, 1999. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 05 ago. 2025.

LOURENÇO, I. M. B. **Ensino de Química**: proposição e testagem de materiais para cegos. 2003. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Modalidade Ensino de Química) – Instituto de Química, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25072018-142523/publico/Ilza_Mara_Barros_Lourenco.pdf. Acesso em: 19 dez. 2025

MACÊDO, A. D. de; PEREIRA, J. da S.; DAMASCENO, A. C. P. A utilização de recursos didáticos como métodos mediadores no ensino de Química para alunos cegos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CONEDU, 4., 2017, João Pessoa. **Anais [...]** João Pessoa: Realize Editora, 2017. 5 p. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2017/TRABALHO_EV073_MD4_SA10_ID4463_15092017211131.pdf. Acesso em: 08 nov. 2025.

MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O.; BATISTA, M. C. (org.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 2. ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358189924_Metodologia_da_Pesquisa_em_Educacao_e_Ensino_de_Ciencias. Acesso em: 19 fev. 2026.

MANTOAN, M. T. E. Igualdade e diferenças na escola como andar no fio da navalha. **Revista Educação**, v. 29, n.1, Porto Alegre, 2006; p. 55-64. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84805803>. Acesso em: 05 de agosto de 2025.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** 7. ed. São Paulo: Moderna, 2003. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/211/o/INCLUS%C3%83O-ESCOLARMaria-Teresa-Egl%C3%A9-Mantoan-Inclus%C3%A3o-Escolar.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MENDONÇA, P. C. C. **‘Ligando’ as idéias dos alunos à ciência escolar: Análise do ensino de ligação iônica por modelagem**. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/969abc64-b339-4c2a-8ffa-6b18a862d4c0/content>. Acesso em: 22 out. 2025.

MÓL, G. (org.). **O Ensino de Ciências na Escola Inclusiva**. Campos dos Goytacazes: Editora Brasil Multicultural, 2019.

NONATO FILHO, R. **O ensino de Química e as barreiras de inclusão educacional de estudante com deficiência visual**. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9048603. Acesso em: 13 nov. 2025.

OLIVA, D. V. Barreiras e recursos à aprendizagem e à participação de alunos em situação de inclusão. **Psicologia USP**, v. 27, n. 3, p. 492-502, 2016. Acesso em: 15 jul. 2025. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/pusp/a/nRttR45rzJXc5D8NWNQCKMx/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

PAULING, L. **The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals: an introduction to modern structural chemistry**. 3. ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1960. Disponível em: <https://dn790000.ca.archive.org/0/items/natureofthechemicalbondpauling/Nature-Of-The-Chemical-Bond-Pauling.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2025.

PIEIDADE, F. J. D., da. et al. Inclusão no Ensino de Química: um recurso didático inclusivo para o estudo de Ligações Químicas. In: Encontros de Debates sobre o Ensino de Química – EDEQ, 2023, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Capão do Leão, Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Pelotas, 2023, n. 42. Disponível em: <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/304>. Acesso em: 18 nov. 2025.

ROPOLI, E. A. et al. **A educação especial na perspectiva da inclusão escolar: a escola comum inclusiva**. Brasília: Ministério da Educação; Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2010. Disponível em: <https://iparadigma.org.br/wp-content/uploads/Ed-inclusiva-85.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2026.

SASSAKI, R. K. et al. **Inclusão: construindo uma sociedade para todos**. Rio de Janeiro: Wva, 1999. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/65995220/Inclusao-Construindo-Uma-Sociedade-Para-Todos>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SOLER, M. A. **Didáctica multisensorial de las ciencias: un nuevo método para alumnos ciegos, deficientes visuales, y también sin problemas de visión**. Madrid: ONCE – Organización Nacional de Ciegos Españoles, 1999. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/608573970>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SOUSA, S. da C.; SILVA JUNIOR, D. P. da; LIMA, G. de S.; SILVA, M. L. da. A concepção de professores de Química sobre os obstáculos epistemológicos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CONEDU, 5., 2018, Recife. **Anais [...]** Recife: Realize Editora, 2018. 10 p. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA16_ID5218_19092018134230.pdf. Acesso em: 17 dez. 2025.

UNESCO. **Declaração de Salamanca:** Sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades educativas especiais. Salamanca: UNESCO, 1994. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139394>. Acesso em: 11 jun. 2025.

USBERCO, J.; PHILIPPE, P. H. **Identidade Saraiva:** Química. Volume único. São Paulo: Saraiva; PNLD 2026. 545 p. Disponível em: <https://www.edocente.com.br/pnld/obra/leitor/identidade-saraiva-quimica-pnld-ensino-medio-2026/?obraId=13797>. Acesso em: 17 jul. 2025.

VYGOTSKY, L. S. **Fundamentos de defectologia.** Obras completas, v. 5. Havana: Pueblo y Educación, 1989.

7 APÊNDICE

ATIVIDADE 1:

Nome:

Turma:

Escola:

Disciplina: Química

Durante a aula, discutimos que a palavra “compartilhar” pode assumir diferentes significados dependendo do contexto em que é utilizada. A seguir, são apresentados dois significados retirados do Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (disponível em: <https://dicionario.priberam.org/compartilhar>). Leia atentamente e responda a questão abaixo.

Figura 1 - Significado de compartilhar no dicionário *on-line*

compartilhar

(com·par·ti·lhar)

Conjugar

Conjugação: regular. Participípio: regular.

verbo transitivo

1. Ter parte em, participar de.
2. Fazer partilha ou a divisão em partes de. = COMPARTIR, PARTILHAR

Fonte: Priberam, s.d.

Imagine que você foi convidado a colaborar com o dicionário, acrescentando um novo significado para a palavra compartilhar, agora sob a perspectiva da Química. Escreva, com suas próprias palavras e com base nas aulas anteriores, o que significa “compartilhar” quando os átomos realizam uma ligação covalente.

3. Compartilhar (na Química):
