



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

André Martins Ferreira

**MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D QUE
ATENDAM ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL
NO ENSINO DE RAIOS ATÔMICOS E DE DENSIDADE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1.º/2024



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

André Martins Ferreira

**MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D QUE
ATENDAM ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL
NO ENSINO DE RAIOS ATÔMICOS E DE DENSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Gerson de Souza Mól

1.º/2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que sempre esteve comigo e me ajudou em todos os momentos da minha vida, da minha graduação e da elaboração deste trabalho. Também agradeço aos meus pais espirituais, Nossa Senhora e São José, que sempre estiveram ao meu lado e nunca hesitaram em me auxiliar no que fosse necessário para a concretização desta jornada. Além disso, agradeço à minha família, meus pais Wilson e Andréa, meus irmãos Ana Carolina e Henrique, e ao meu cunhado Yuri. Vocês foram o meu apoio ao longo desses anos e sempre me deram forças para continuar trilhando o meu caminho. Amo muito todos vocês!

Também agradeço imensamente ao meu orientador, Professor Doutor Gerson de Souza Mól, que esteve comigo nesta jornada da graduação desde o primeiro semestre. Nestes últimos anos, tive o prazer de participar de suas aulas e fazer um PIBIC com a sua orientação. E, a partir dessas experiências, aprendi muito com o professor Gerson, principalmente, a ser um professor mais humano, mais empático, alguém que se importa com aqueles que, muitas vezes, são esquecidos. Agradeço muito ao senhor por todos os ensinamentos que me proporcionou. Durante esses anos, não conheci somente o professor Gerson, mas também o amigo Gerson, alguém que sempre prezou pela minha evolução acadêmica, profissional e pessoal. Além disso, agradeço aos demais professores que tive ao longo dessa jornada na Universidade de Brasília. Saibam que além de meus professores, vocês também são a minha inspiração como profissional.

Por fim, agradeço aos professores que cederam um tempo da sua agenda e aceitaram participar da banca examinadora. E, agradeço ao meu amigo Geovane, o qual se disponibilizou a testar os materiais didáticos produzidos neste trabalho. A sua ajuda foi de extrema importância para mim!

“Tudo posso naquEle que me conforta.”

Filipenses 4:13

RESUMO

O ensino de Raio Atômico e Densidade apresenta dificuldades que tornam o processo de ensino-aprendizagem mais desafiador. O uso de imagens para explicar tais conteúdos é muito comum nos livros e nas aulas de Química. Contudo, essa metodologia não se faz eficaz para alunos com deficiência visual. Uma alternativa para explicar tais conteúdos de forma inclusiva é utilizar materiais didáticos inclusivos 3D. Esses produtos pedagógicos táteis são utilizados para auxiliar todos os alunos, inclusive os alunos com deficiência visual, no entendimento dos conhecimentos estudados. No estudo da Química, principalmente nos conteúdos de raio atômico e densidade, faz-se necessário um certo grau de imaginação tridimensional para a sua compreensão. Por conta de não possuírem uma imaginação tridimensional tão bem desenvolvida, muitos alunos, principalmente os não videntes, têm grande dificuldade em entender esses assuntos. O Ensino Inclusivo, metodologia utilizada neste trabalho, visa proporcionar a todos os alunos, independentemente de suas características, habilidades ou necessidades especiais, um ambiente de aprendizado equitativo e acessível. Para alcançar esse ambiente, é preciso adaptar métodos de ensino, recursos e estratégias a fim de atender às diversas necessidades dos estudantes, promovendo a participação plena de todos na comunidade escolar. O objetivo é garantir que cada aluno tenha as mesmas oportunidades de aprender e se desenvolver, respeitando e valorizando as diferenças individuais. Ademais, não foi encontrado nenhum material didático 3D semelhante ao produzido neste trabalho na Internet. Pensando nesta problemática, neste trabalho, foram projetados e produzidos materiais didáticos inclusivos 3D que atendam alunos com deficiência visual no ensino de raio atômico e densidade.

Palavras-Chaves: Material Didático. Deficiência Visual. Inclusão. Raio Atômico. Densidade.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVOS GERAIS.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
HISTÓRICO DA DEFICIÊNCIA.....	10
DEFICIÊNCIA VISUAL.....	13
EDUCAÇÃO INCLUSIVA.....	15
MATERIAIS DIDÁTICOS.....	17
ENSINO DE QUÍMICA.....	18
METODOLOGIA.....	20
TIPO DE PESQUISA.....	20
PROJEÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D.....	21
CONFECÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D.....	28
APLICAÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
APÊNDICES.....	41
APÊNDICE I.....	41
APÊNDICE II.....	48
REFERÊNCIAS.....	49

INTRODUÇÃO

A química trabalha com vários modelos a fim de compreender a matéria e os seus fenômenos. No ensino dessa ciência, os professores utilizam uma variedade de modelos para explicar sobre a matéria, e os aprendizes desenvolvem representações mentais que podem ou não refletir os modelos científicos (MELO; NETO, 2013). Um modelo representa uma concepção fictícia de um objeto ou processo, que aborda um aspecto da realidade com o propósito de realizar uma análise teórica, utilizando as teorias e leis convencionais (BUNGE, 1976).

Uma das diferenças que torna a química uma ciência distinta das demais é a de que ela possui três níveis representacionais: macroscópico, microscópico e representacional. O nível macroscópico compreende tudo o que pode ser observado a olho nu, enquanto o microscópico consiste em tudo que não é visível a olho nu devido às suas dimensões muito pequenas e precisa ser concebido mentalmente. Já o nível representacional, abarca toda a linguagem química, ou seja, os símbolos criados para descrever cientificamente a matéria e os fenômenos químicos (JOHNSTONE, 1982; TOLENTINO, 1986). No ensino da química, o nível microscópico é comumente deixado à imaginação dos alunos e apresentado pelos professores apenas de forma visual por meio de imagens, desenhos e vídeos (OLIVEIRA, 2020).

De acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência, o qual foi elaborado com base nos conceitos adotados pela Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, a pessoa com deficiência visual é aquela que possui impedimentos de longo prazo de natureza sensorial, especificamente relacionados à visão, como a perda total ou alteração orgânica que comprometa a visão (BRASIL, 2015). Portanto, como essas pessoas possuem uma condição que compromete a visão delas, faz-se necessário a elaboração de estratégias a fim de representar os níveis representacionais que atendam tanto os alunos normovisuais, quanto os alunos deficientes visuais. Dessa forma, os professores estarão

garantindo o desenvolvimento pleno e autônomo dos alunos em todos os níveis representacionais da química de forma inclusiva (GASPAR, 2023).

Vale salientar que os docentes costumam utilizar representações bidimensionais para facilitar a compreensão tridimensional dos estudantes acerca dos conteúdos de química. No entanto, essas representações, frequentemente, mostram-se pouco eficazes, mesmo para alunos videntes, pois a tarefa de retratar um objeto tridimensional por meio de uma ferramenta bidimensional é um desafio significativo (MARTINS; FREITAS; VASCONCELOS, 2020). Desse modo, nota-se que as formas convencionais utilizadas pelos professores no ensino de conceitos químicos tridimensionais não são suficientes para o aprendizado dos discentes videntes, muito menos dos não videntes (GASPAR, 2023).

A visão representa o canal primordial de comunicação do ser humano com o ambiente externo, o qual possibilita a percepção de estímulos próximos e distantes. A partir desse sentido, o sistema nervoso central desempenha um papel fundamental ao organizar as informações provenientes dos demais sentidos (GIL, 2000). Contudo, como a pessoa com deficiência visual tem prejuízo total ou parcial da visão, os professores de química precisam buscar alternativas para vencer esse desafio, visto que esta ciência exige bastante da visão e da imaginação (MÓL; DUTRA, 2020). A imaginação da pessoa deficiente visual é diferente da imaginação da pessoa vidente, pois as experiências sensoriais são distintas. Alguém que enxerga de forma clara consegue criar imagens em seus pensamentos. Já quem é cego de nascença, por exemplo, não consegue ter essa habilidade devido ao fato de nunca ter visto formas e cores para conseguir representar em seu imaginário. Contudo, a pessoa com deficiência visual tem uma imaginação diferente, em que, com mais frequência do que a pessoa vidente, cria sons, cheiros, gostos e sensações táteis em seus pensamentos (RODRIGUES; RUBI; BARASSA, 2012).

Uma forma de contornar essa adversidade é explorando os outros sentidos dos alunos não videntes. Por não possuírem total ou parcialmente o sentido da visão, essas pessoas costumam desenvolver mais os outros sentidos do que as pessoas que não possuem nenhuma deficiência na visão (RODRIGUES; RUBI; BARASSA, 2012). Dessa forma, o ensino para o aluno deficiente visual deve ser voltado para a estimulação dos demais sentidos. No ensino da química, excluída a visão, os sentidos mais fáceis de se trabalhar são a audição, com a explicação do professor, e o tato, com o toque do professor e o uso de materiais didáticos inclusivos 3D (MÓL; DUTRA, 2020).

Segundo Renato Frosch (2021), materiais didáticos inclusivos 3D são produtos pedagógicos táteis utilizados para auxiliar todos os alunos, desde os alunos videntes até os

alunos com deficiência visual, no ensino de determinado conhecimento. Esses recursos tecnológicos devem seguir alguns requisitos para serem considerados eficientes às propostas educacionais, como: ser simples, ergonômico, seguro, agradável ao toque, durável e resistente, de uso coletivo, ter características de textos adequados e diferenciações quanto a tamanho, cor, textura e entre outros (FROSCHE, 2021). Esses materiais são essenciais para vencer os desafios de implementação de um ensino inclusivo na escola, pois fazem com que, tanto os alunos videntes, quanto os alunos não videntes tenham oportunidade de aprender um conteúdo a partir de um mesmo recurso pedagógico. Essa ação possibilita a maior interação entre os alunos de uma turma, os quais deixam as diferenças e limitações de lado para entrarem em um ensino mais humano e equitativo (MÓL; DUTRA, 2020).

Pensando na problemática de desenvolver um modelo que atenda a todos no ensino da química, este trabalho traz a estratégia da utilização de materiais didáticos inclusivos 3D que atendam alunos com deficiência visual no ensino de raio atômico e densidade. A escolha desses conteúdos referentes às propriedades periódicas foi feita devido a três motivos. Primeiramente, o autor, durante sua trajetória no ensino médio, possuía uma dificuldade inicial nos conteúdos escolhidos, que só foi sanada quando um professor de química levou alguns modelos didáticos 3D para a sala de aula, o que colaborou para o despertar de sua imaginação tridimensional. O segundo motivo está relacionada pelo fato de que os conteúdos de raio atômico e de densidade são tópicos que os alunos têm bastante dificuldade, pois, em certos aspectos, são contraintuitivos e, além disso, exigem o uso de representações, experimentação e jogos, por exemplo, para a melhor aprendizagem (REZENDE, 2019; ROSSI, 2008).

Por fim, o terceiro motivo está relacionado ao fato de que, nas pesquisas para esse trabalho, não foram encontrados materiais didáticos inclusivos 3D que abordem a temática de raio atômico ou densidade. Os únicos materiais encontrados estão relacionados à montagem de moléculas a partir de esferas e hastes, os quais são caros e de difícil manipulação e identificação por parte dos alunos com deficiência visual devido ao fato de que não possuem distinção de tamanho nem escritas em braille. A partir dessa problemática, o presente trabalho trata da projeção, confecção e aplicação de materiais didáticos inclusivos 3D que atendam alunos com deficiência visual no ensino de raio atômico e densidade.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAIS

Desenvolvimento e aplicação de materiais didáticos inclusivos 3D que auxiliem alunos com deficiência visual no ensino de raio atômico e densidade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar materiais didáticos inclusivos 3D, visando auxiliar o ensino de raio atômico e densidade para todos os alunos, entre os quais, estão aqueles com deficiência visual.
- Produzir modelos esféricos de átomos dos elementos químicos mais estudados no Ensino Médio para a visualização das relações entre as proporções dos raios atômicos.
- Confeccionar modelos cúbicos que representam o volume ocupado por 1 Kg de algumas das substâncias líquidas mais vistas no Ensino Médio.
- Confeccionar um modelo cúbico que representa o volume ocupado por 1 mol de gás.
- Utilizar, em sala de aula, os materiais didáticos inclusivos 3D produzidos neste trabalho com os alunos com e sem deficiência visual em uma escola de ensino médio.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Primeiramente, a fim de formar a fundamentação teórica do trabalho, foi realizada uma pesquisa em Revistas e Periódicos, nas áreas de Química, Ensino de Química e Ensino Inclusivo, Materiais Didáticos 3D, como: Revista Química Nova na Escola (QNEsc); Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química (SBEnQ); Revista Novas Tecnologias na Educação; Revista de FAEEBA; Revista Educação Especial; e Revista Brasileira Educação Especial. Em seguida, foram feitas buscas a respeito desses temas no Google Acadêmico e em sites de Eventos da área de Ensino de Química para complementar os dados.

As palavras-chaves (ou descritores) que foram utilizadas para encontrar os trabalhos da fundamentação teórica foram: Ensino de Química, Ensino Inclusivo, Inclusão na Educação, Deficiência Visual, Impressão 3D, Materiais Didáticos 3D, Ensino de Raio Atômico e Ensino de Densidade. Após a leitura dos resumos dos trabalhos encontrados, foram selecionados os artigos e publicações julgados como importantes para compor a fundamentação teórica, e desconsiderados aqueles que não possuíam conexão direta com o tema do trabalho.

HISTÓRICO DA DEFICIÊNCIA

Ao longo da história da humanidade, a forma com que as pessoas com deficiência (PcD) foram tratadas e vistas pela sociedade mudou bastante em decorrência da evolução dos valores sociais, morais, culturais, filosóficos, éticos e religiosos vividos pela civilização de cada época. Desta forma, percebe-se a importância de conhecer a história da deficiência e o processo que essas pessoas tiveram para sair de uma situação de marginalização e iniciar uma

situação de inclusão social. Isso possibilita compreender o motivo pelo qual ainda há a desvalorização social das PcD (PACHECO; ALVES, 2007).

Nos primórdios da humanidade, período conhecido como Pré-História, as PcD passaram por muitas dificuldades e, na maioria dos casos, acabavam morrendo de fome, frio ou viravam presas fáceis para animais. Devido os seres humanos primitivos serem nômades, as pessoas com deficiência eram abandonadas com frequência, pois precisavam do auxílio de outros membros da família/grupo para poderem se locomover. Por conta disso, esses indivíduos eram abandonados à própria sorte para que os demais pudessem poupar suas energias e seguir viagem. Além disso, naquela época, o ser humano precisava caçar seu alimento, e quem não tinha habilidades suficientes de caça, como era o caso das PcD, morria de fome (MÓL, 2020). Assim, nota-se que a primeira marginalização quanto a esses indivíduos não era proveniente de discriminação ou preconceito, mas sim um ato de sobrevivência, que, mesmo sem intenção, contribuiu para a exclusão social das PcD nos tempos posteriores (PACHECO; ALVES, 2007).

Já na Antiguidade, muitas crianças com deficiência eram mortas devido ao fato de que eram vistas como seres impuros ou encarnações de maus espíritos, não sendo dignas de viver. Nesse período, havia uma valorização do corpo belo e forte, pois acreditavam que eram atributos que os auxiliavam a vencer as guerras, e aquele que não possuísse esse ideal, era marginalizado ou até abandonado para morrer (PACHECO; ALVES, 2007). Ademais, de acordo com Mól (2020), muitas pessoas achavam que as deficiências eram castigos dos Deuses pelos erros e pecados cometidos pelos pais e, por isso, sacrificavam seus filhos como forma de oferenda e pedido de perdão aos Deuses. Já as crianças que sobreviviam por algum motivo, eram tratadas como aberrações pela sociedade, sendo excluídas totalmente do convívio em comunidade. Em contrapartida, os guerreiros que se tornaram deficientes após um combate, eram cuidados pelo Estado, como uma forma de reparação. Contudo, percebe-se que, tendo uma visão geral, as PcD sofreram bastante nos primórdios da civilização.

Segundo Pacheco e Alves (2007), com o surgimento do Cristianismo, a forma com que as pessoas com deficiência eram vistas pela sociedade mudou para uma visão racional, em que todos, independente de suas limitações, são criaturas feitas por Deus. Assim, a partir desse momento histórico, as PcD, apesar de não contribuírem para a economia, política, guerras e entre outros fatores, são vistos como possuidores de uma alma e merecedores de cuidado por parte da família e da igreja. Somente com os avanços da medicina, no século XVI, que a deficiência passou a ser tratada como um problema médico e científico, e não mais teológico e moral. Naquela época, houve o início do trabalho de compreensão sobre o

que eram as deficiências e como elas poderiam ser contornadas para que não se tornassem um problema na vida dessas pessoas. Após alguns estudos e experimentos, surgiram pessoas defendendo metodologias de ensino para as PcD. Essas metodologias utilizavam escritas antecessoras ao braille e métodos de comunicação, como a linguagem de sinais e a leitura labial. A partir desse momento, algumas pessoas começaram a entender que as PcD não eram incapazes de aprender (MÓL, 2020).

Avançando mais na história, a partir da segunda metade do século XIX, houve uma preocupação crescente com o potencial para o trabalho da pessoa com deficiência, levando à criação de organizações com essa finalidade. Nesse mesmo período, no Brasil, havia o início do interesse acerca da educação dos deficientes, influenciada por práticas e metodologias utilizadas na Europa e nos Estados Unidos. Uma das iniciativas da educação brasileira que demonstra essa preocupação foi a criação de classes especiais dentro de escolas comuns. Essa tentativa foi muito criticada, pois os professores não estavam preparados adequadamente para ensinar alunos com deficiência, transformando essas classes em mais segregadoras do que inclusivas. No entanto, apenas no final da década de 1950, houve a inclusão da educação para deficientes na política educacional brasileira (PACHECO; ALVES, 2007).

Outros marcos importantes para a conquista de direitos das PcD foram durante e após a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, especialmente na Inglaterra e nos EUA, devido ao surgimento de iniciativas significativas para a recuperação de pessoas mutiladas e sua reintegração social. Com isso, houve um aumento da oportunidade de emprego para pessoas com deficiência, principalmente em indústrias, para suprir a falta de funcionários (MÓL, 2020). Conforme Pacheco e Alves (2007), a luta contra a discriminação e o movimento pelos direitos civis ganharam força nesse período, incluindo direitos à vida, à educação, à saúde e à igualdade de oportunidades para pessoas com deficiência. Esses direitos foram colocados nas legislações e regulamentos a partir das décadas de 1960 e 1970, nos Estados Unidos. Além disso, a década de 1970 é destacada como crucial para o movimento de independência das pessoas com deficiência, com a valorização da autonomia e da participação social.

Já nos tempos atuais, foram elaboradas leis e diretrizes que fazem valer os direitos dessas pessoas a partir de assembleias sobre as PcD, como a Convenção da ONU sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, adotada em 2006. Esse evento é destacado como um marco significativo, promovendo princípios como igualdade de oportunidades, acessibilidade, respeito pela diferença e a participação plena e efetiva na sociedade. No cenário brasileiro, também foram criadas diversas leis que buscam garantir direitos e promover a inclusão social das PcD (PACHECO; ALVES, 2007). Uma das legislações mais

importantes é a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, também conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), que entrou em vigor em 2016. Além dela, a Lei de Cotas (Lei nº 8.213/1991) é um grande marco para a inclusão social e educacional da pessoa com deficiência, a qual determina a reserva de vagas para pessoas com deficiência em vestibulares, concursos públicos e no mercado de trabalho, no geral.

Portanto, nota-se que, ao longo da história da humanidade, as pessoas com deficiência sofreram muitas injustiças por serem vistas, pela sociedade, como aberrações, castigo dos Deuses, seres inferiores e incapazes de aprender. Dessa forma, entende-se que é dever do Estado e da sociedade proporcionar um ambiente saudável, seguro, acessível, justo e inclusivo a essas pessoas (PACHECO; ALVES, 2007). De acordo com Mól (2020), é perceptível que mudanças já foram feitas quanto aos direitos desses indivíduos, contudo ainda se faz necessária a elaboração de políticas públicas eficazes, a promoção da acessibilidade, a conscientização social e a superação de estigmas e preconceitos. Ademais, é de suma importância a abordagem da inclusão das PcD na educação nos cursos de licenciatura, uma vez que é inevitável a presença de alunos com deficiência em sala de aula. Assim, compreende-se que pesquisas na área de inclusão de pessoas com deficiência na educação são imprescindíveis para a garantia dos direitos desses indivíduos.

DEFICIÊNCIA VISUAL

Segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (2015), que tem como base o conceito de deficiência adotado pela Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, é considerado deficiente visual a pessoa que possui impedimentos de longo prazo de natureza sensorial, especificamente relacionados à visão, como a perda total ou alteração orgânica que comprometa a visão. Esses impedimentos podem variar em grau e tipo, desde a baixa visão até a cegueira total. O Decreto nº 5.296, de 2004, aprofunda mais sobre o conceito de deficiente visual quanto ao valor da acuidade visual, alegando que cego é todo o indivíduo com acuidade igual ou inferior a 0,05 no melhor olho, já utilizando a melhor correção óptica possível. Já a pessoa com baixa visão, possui acuidade entre 0,3 e 0,05 no

melhor olho, na mesma condição, ou quando o ângulo formado pela somatória dos campos de visão dos dois olhos seja igual ou inferior a 60°.

A deficiência visual é uma condição em que a pessoa não possui ou é reduzido o sentido da visão. Isso ocasiona diversas dificuldades e limitações para realizar determinadas tarefas, as quais não implicam na incapacidade de executá-las. A maior dificuldade e limitação é a desinformação da sociedade, quando acham que deficiência é sinônimo de problema, e acabam por afastar ou impedir o exercício pleno de cidadania por parte das PcD. (RODRIGUES; RUBI; BARASSA, 2012). Contudo, ao conviver com uma pessoa com deficiência visual, é possível perceber que ela precisa enfrentar diversos desafios diários ao realizar determinadas tarefas, porém isso não as torna incapazes de executá-las. Devido a isso, tem-se que o indivíduo com deficiência visual pode e deve participar ativamente em diferentes aspectos da vida social (GIL, 2000).

No ensino, não poderia ser diferente. Os desafios continuam, mas junto com eles, surgem também formas de contornar esses obstáculos (MÓL; DUTRA, 2020). Cada aluno tem necessidades de aprendizagem únicas, e aqueles com alguma deficiência também devem ter acesso à escola regular que seja capaz de atender a essas demandas. Nesse contexto, os educadores precisam se preparar e adaptar, buscando novas abordagens de ensino e oferecendo situações diversificadas para tornar mais tangíveis os conceitos transmitidos em sala de aula (RODRIGUES; RUBI; BARASSA, 2012).

Para fornecer um ensino de qualidade para os alunos, os docentes precisam entender como os alunos com deficiência visual aprendem, quais suas capacidades e limitações, para assim montar suas aulas de acordo com as necessidades dos alunos (VILARONGA; CAIADO, 2013). Como as pessoas com deficiência visual possuem uma condição que compromete sua visão, é importante que os professores busquem se qualificar para atender todos os alunos de uma forma inclusiva (GIL, 2000). Dessa forma, nota-se que é preciso que o docente procure dar sua aula com estratégias que incluam todos os alunos nas atividades, e não um ensino segmentário, em que separa os alunos normovisuais dos não videntes (VILARONGA; CAIADO, 2013). Por conta disso, é interessante que o profissional contorne o ensino convencional, que utiliza de aulas expositivas, representações por meio de imagens, desenhos, vídeos e entre outros. Em vez disso, é mais eficaz que ele use materiais didáticos inclusivos 3D, os quais servem tanto para os alunos videntes, quanto para os alunos com deficiência visual (ULIANA; MÓL, 2017). Dessa forma, ele estará garantindo o desenvolvimento pleno e autônomo dos alunos a partir de um ensino inclusivo (GASPAR, 2023).

Por não possuírem visão ou terem um prejuízo nesse sentido humano, normalmente, as pessoas com deficiência visual adquirem a habilidade de aperfeiçoar os demais sentidos por um sistema de compensação. Assim, percebe-se que a maneira com que os alunos deficientes visuais aprendem é por meio das experiências que estimulam os outros sentidos: audição, tato, olfato e paladar (MÓL, 2020). No ensino da química, especificamente, os sentidos mais utilizados para ensinar os discentes não videntes são a audição, a partir das explicações do professor e descrições do monitor, e o tato, por meio do toque do professor e do monitor, mas também pelo contato com materiais didáticos 3D. Essa abordagem proporciona uma experiência mais rica e inclusiva, permitindo que todos os alunos, independentemente de suas condições visuais, possam se envolver plenamente no processo de aprendizado em química (MÓL; DUTRA, 2020).

Ademais, a exploração desses sentidos desperta a imaginação tridimensional dos alunos, incluindo os alunos deficientes visuais (GASPAR, 2023). Contudo, a imaginação da pessoa com deficiência é diferente das demais, pois ela, caso nunca tenha visto nenhuma imagem desde seu nascimento, consegue apenas recriar sensações dos outros sentidos, como sons, cheiros, gostos e sensações táteis mentalmente (VILARONGA; CAIADO, 2013). Logo, percebe-se a importância de um professor entender a forma com que um discente com deficiência visual aprende e consegue assimilar o conteúdo para conseguir atendê-lo de forma adequada (MÓL; DUTRA, 2020).

EDUCAÇÃO INCLUSIVA

A Educação Inclusiva representa um avanço significativo no cenário educacional, pois busca garantir o acesso, a permanência e o aprendizado de todos os estudantes, independentemente de suas características individuais (SOUSA; SOUSA, 2019). No contexto da inclusão, uma atenção especial é dedicada aos alunos com deficiência visual, reconhecendo a importância de oferecer oportunidades equitativas para o desenvolvimento acadêmico, social e emocional desses indivíduos (MÓL, DUTRA, 2020). A inclusão de alunos com deficiência visual pretende não apenas superar barreiras físicas, mas também quebrar estigmas e proporcionar um ambiente educacional enriquecedor. Para alcançar esse objetivo, é essencial adotar estratégias pedagógicas inclusivas que considerem as

necessidades específicas de cada aluno, respeitando suas potencialidades e garantindo que todos tenham a mesma oportunidade de aprender (SOUSA; SOUSA, 2019).

A fim de proporcionar um ambiente educacional inclusivo para os alunos, faz-se necessária a presença de profissionais capacitados, como intérpretes de libras e professores com formação em educação especial. Esses profissionais desempenham um papel crucial não só de educação, mas também de acolhimento e respeito para com os alunos com deficiência (SOUSA; SOUSA, 2019). Um dos desafios enfrentados na educação inclusiva é a adaptação de materiais didáticos para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. No caso dos alunos com deficiência visual, a utilização de recursos como livros em braille, materiais táteis e tecnologias assistivas torna-se fundamental para proporcionar acesso ao conteúdo curricular (MÓL; SANTANA; SILVA, 2019). A interação social e a construção de relações são aspectos essenciais no processo educacional. Portanto, é imprescindível criar estratégias que favoreçam a participação ativa dos alunos com deficiência visual em atividades extracurriculares, eventos escolares e interações sociais cotidianas. Essa integração não apenas enriquece a experiência educacional desses alunos, mas também contribui para a sensibilização de toda a comunidade escolar em relação à diversidade (GASPAR, 2023).

Nos dias atuais, ainda não foi alcançado um ambiente escolar totalmente inclusivo e, um dos motivos disso ocorrer está relacionado à realidade de que muitos professores não têm a capacitação adequada para lidar com alunos deficientes físicos ou mentais (BONFIM; MÓL; PINHEIRO, 2021). Dessa forma, compreende-se que os professores devem procurar se qualificar para também atender esses alunos, contribuindo para tornar o ensino mais inclusivo e humano (MÓL; MORAIS; SILVA; CAMARGO, 2020). Oferecer oportunidades de capacitação sobre práticas pedagógicas diferenciadas, estratégias de ensino adaptadas e o uso efetivo de tecnologias assistivas permite que os professores estejam preparados para atender às demandas específicas dos alunos com deficiência (SOUSA; SOUSA, 2019). A educação inclusiva de alunos com deficiência visual não se trata apenas de atender a requisitos legais, mas de cultivar um ambiente que celebre a diversidade, promova a igualdade e prepare os alunos para a participação plena na sociedade. Ao investir na inclusão, não só a experiência educacional desses estudantes é transformada, mas também uma sociedade mais justa e igualitária é construída (MÓL, 2020).

MATERIAIS DIDÁTICOS 3D

A necessidade de materiais didáticos inclusivos 3D no ensino vem ganhando destaque devido a sua capacidade de proporcionar uma experiência de aprendizado enriquecedora para todos os alunos, inclusive para aqueles com deficiência visual (TOLEDO; RIZZATI, 2021). Esses materiais vão além de simples recursos, constituindo-se em ferramentas valiosas para a compreensão de conceitos tridimensionais que muitas vezes são desafiadores de serem transmitidos de maneira efetiva apenas por meio de representações bidimensionais e explicação oral (GASPAR, 2023). A utilização de modelos tridimensionais proporciona uma compreensão mais tangível e abrangente, permitindo que os alunos explorem, toquem e visualizem os conceitos apresentados de forma concreta, o que contribui para a consolidação do conhecimento (FROSCH, 2020).

Ao incorporar materiais didáticos inclusivos 3D em sala de aula, é proporcionado aos alunos um ensino mais equitativo, em que todos possuem a oportunidade de aprender, independente das limitações dos alunos (FROSCH, 2020). Além disso, é fomentado um ambiente inclusivo que promove a participação ativa dos alunos com deficiência visual. Esses recursos não são apenas um complemento às aulas, mas representam uma ferramenta essencial para tornar as disciplinas mais acessíveis, eliminando as barreiras tradicionais que podem limitar o entendimento e a participação plena (MÓL; DUTRA, 2020). Ao investir na criação e implementação de materiais 3D inclusivos, as instituições de ensino reafirmam seu compromisso com a promoção da igualdade, destacando-se como agentes de transformação na construção de uma educação verdadeiramente inclusiva, respeitadora, empática e acessível a todos (ONISAKI; VIEIRA, 2019).

Segundo Frosch (2021), a presença da impressora 3D na educação representa um dos aspectos da cultura maker. A partir do Manifesto Maker, documento norteador dessas práticas, criou-se diversas premissas que caracterizam essa cultura. Os 10 aspectos estruturantes da cultura maker são: fazer, compartilhar, presentear, aprender, equipar-se, divertir-se, participar, apoiar, mudar e permitir-se errar. Para um material 3D ser considerado fruto de um processo maker, é necessário que ele se encaixe nessa estrutura proposta por esse Manifesto.

Por fim, para que um material didático 3D seja considerado como inclusivo, é necessário que ele atenda os requisitos propostos por Mól e Dutra (2020), que são: ser

eficiente no aspecto educacional, ser ergonômico, ser seguro, ser agradável ao toque, apresentar contrastes visuais e táteis, ser durável e resistente, ser feito de materiais conhecidos, ter tamanho adequado e ser portátil, ter características de textos adequados, ser fiel à representação, ser multissensorial, ser viável economicamente, ser simples, ser de uso coletivo e ser avaliado adequadamente.

ENSINO DE QUÍMICA

A necessidade de fomentar mais estudos sobre o ensino de conceitos como raio atômico e densidade torna-se evidente diante das complexidades enfrentadas pelos alunos ao abordar esses temas (GTUMANN; ROCHA; ARRUDA, 2020; REZENDE, 2019; TOLEDO; RIZZATI, 2019). A compreensão desses conceitos muitas vezes esbarra em desafios, sejam eles relacionados à dificuldade em visualizar tridimensionalmente a estrutura atômica, sejam relacionados à escassez de recursos didáticos específicos para facilitar a aprendizagem. (GASPAR, 2023). O ensino do raio atômico e da densidade requer uma compreensão aprofundada dos fundamentos da química e da física, o que pode ser um obstáculo para muitos estudantes. A complexidade desses conceitos, aliada à dificuldade em imaginar tridimensionalmente as estruturas atômicas, contribui para a formação de barreiras no processo de ensino-aprendizagem (SILVA, 2023). Segundo Mól e Dutra (2020), a falta de recursos pedagógicos adequados para abordar esses temas de maneira clara e acessível é uma limitação significativa que impacta diretamente o entendimento dos alunos.

Há uma lacuna notável na literatura educacional em relação à utilização de recursos pedagógicos específicos para o ensino do raio atômico e da densidade. A escassez de documentos que exploram estratégias inovadoras e eficazes para transmitir esses conceitos reflete a urgência de pesquisas adicionais nesta área (REZENDE, 2019). A ausência de abordagens pedagógicas que integrem tecnologias, materiais didáticos tridimensionais e métodos interativos representa uma oportunidade crucial para pesquisadores e educadores desenvolverem estratégias mais eficazes (SILVA, 2023). A promoção de estudos voltados para o aprimoramento do ensino desses conteúdos não apenas superará os desafios enfrentados pelos alunos, mas também contribuirá para a construção de um ambiente educacional mais inclusivo e acessível (MÓL, 2020). Portanto, faz-se necessário investir em

pesquisas que explorem novas metodologias e ferramentas pedagógicas a fim de proporcionar uma experiência de aprendizado mais envolvente e eficaz, capacitando os alunos a compreenderem conceitos fundamentais da química de maneira mais significativa.

Analisando a presente situação, percebe-se que a produção de materiais didáticos 3D para o ensino de raio atômico e densidade, conteúdos complexos que exigem abordagens pedagógicas inovadoras, é pertinente. Nesse contexto, os materiais didáticos inclusivos 3D emergem como ferramentas essenciais para proporcionar uma compreensão mais profunda e tangível desses temas. Eles são responsáveis por auxiliar na visualização tridimensional das estruturas atômicas e das relações entre massa e volume das substâncias. Assim, preenchem lacunas na disponibilidade de recursos pedagógicos.

METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada a elaboração dos modelos esféricos, que representam os átomos de diferentes elementos químicos. Para diferenciar cada esfera, foi respeitada a proporção do raio atômico desses elementos e também foi feita a identificação de seu símbolo, em tinta e em braille, a partir de um site de design 3D. Em um segundo momento, foram elaborados os cubos vazados, em que seus cantos foram feitos pela impressora 3D e suas arestas são de canudos biodegradáveis, que representam o volume ocupado por 1 Kg de determinadas substâncias líquidas. Esse valor de massa foi escolhido para ser o padrão, pois possibilitará a análise das diferentes densidades a partir dos diferentes volumes ocupados para a mesma massa das substâncias estudadas.

Em seguida, foram confeccionados os materiais didáticos inclusivos 3D projetados a partir de uma impressora 3D. Para a aplicação deste material, foi montada uma entrevista semi-estruturada para a verificação da qualidade e da utilidade desses produtos pedagógicos produzidos. Essa entrevista foi realizada com uma pessoa com deficiência visual que estudou os conteúdos de raio atômico e densidade no Ensino Médio e que teve contato com os materiais didáticos inclusivos 3D confeccionados neste trabalho.

TIPO DE PESQUISA

Na realização desta pesquisa, foi utilizada a abordagem qualitativa a fim de produzir os conhecimentos apresentados neste trabalho. Segundo Bogdan e Biklen (1998), a abordagem qualitativa fundamenta-se em cinco características essenciais: 1) utiliza um ambiente natural como fonte de dados, tendo o pesquisador como instrumento central no

estudo; 2) apresenta dados descritivos; 3) enfatiza que o processo é mais relevante do que o resultado ou produto; 4) adota uma análise indutiva; 5) destaca a importância do significado. A partir desses fundamentos, foi escolhido utilizar o caráter qualitativo na pesquisa.

Nas últimas décadas, a pesquisa qualitativa vem sendo vista como uma importante ferramenta para a pesquisa social, principalmente na área da educação, pois tem a capacidade de refletir problemas sociais (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Assim, ao destacar a relevância da pesquisa qualitativa para uma compreensão mais aprofundada da realidade, o presente trabalho adotou essa abordagem com o objetivo de auxiliar alunos com deficiência visual no ensino de Raio Atômico e de Densidade por meio da confecção de materiais didáticos inclusivos 3D. Ademais, essa abordagem foi importante na coleta de dados a partir da entrevista feita com a pessoa com deficiência visual que interagiu com os modelos projetados.

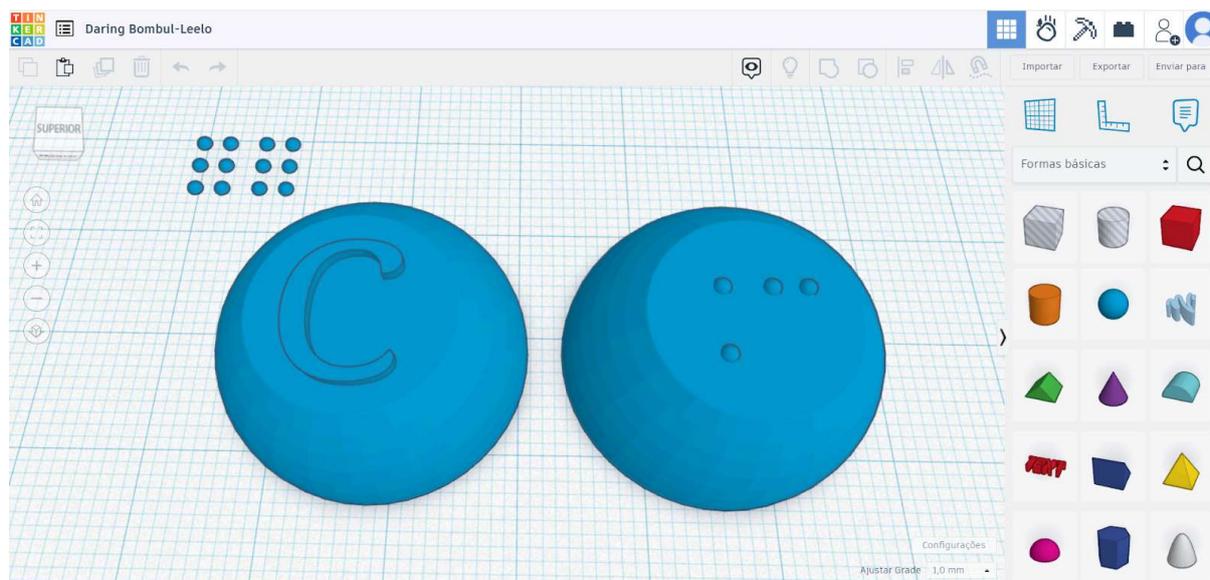
PROJEÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D

Os materiais didáticos inclusivos 3D projetados neste trabalho foram inspirados nos modelos elaborados no trabalho de PIBIC intitulado “Materiais Didáticos Inclusivos 3D que Atendam Alunos com Deficiência Visual no Ensino de Geometria Molecular”, de autoria própria e orientação do professor Gerson de Souza Mól, realizado no ano de 2021. A partir dessa inspiração, foi projetado um material didático inclusivo 3D com o intuito de atender tanto às pessoas com deficiência visual, quanto às pessoas videntes no ensino de raio atômico. Esses materiais foram feitos a partir da impressão 3D, uma forma de construção camada por camada de um material tridimensional.

Para a criação dos modelos 3D, foi utilizado o site Tinkercad, uma plataforma digital que dispõe, em sua área de projeção, de vários poliedros e corpos redondos, como cubo, pirâmide, hexaedro, cilindro, esfera, semiesfera, entre outros. Além disso, o site disponibiliza duas funções para a projeção do modelo, a função Sólido, a qual insere um sólido geométrico na área de trabalho, e a função Orifício, que é uma espécie de borracha 3D, sendo capaz de retirar fatias geométricas de qualquer parte de outros objetos. Essas funções foram utilizadas para colocar as semiesferas na área de trabalho e inserir os textos em tinta e em braille nas partes superiores delas.

Na figura 2, encontra-se uma captura de tela do site Tinkercad que mostra o modelo do átomo de carbono com as escritas de alto relevo do símbolo em tinta e em braille nas extremidades seccionadas das semiesferas.

Figura 2 - Modelo do átomo de carbono com as escritas de alto relevo do símbolo em tinta e em braille nas extremidades seccionadas das semiesferas.



Fonte: site Tinkercad.

Os valores dos raios atômicos de cada elemento químico utilizados neste trabalho foram retirados do site estudafq.pt, na publicação “Resumo Q1.3. Prof. Marco Pereira”, a qual contém a seguinte Tabela Periódica (Figura 3), com os valores de raio atômico de cada elemento químico.

Figura 3 - Tabela Periódica contendo os valores de raio atômico de cada elemento químico.

H 1	He 2						
Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86

Fonte: site www.estudafq.pt

Para relacionar as medidas do raio atômico com as dimensões dos modelos esféricos, foi utilizado o carbono como átomo de referência, atribuindo para ele o valor de 25 mm de diâmetro em seu modelo 3D. Sabendo que o raio atômico do carbono é por volta de 77 pm, foi feita uma razão entre esses dois valores e encontrado o fator de proporção 0,325. Aplicando esse fator multiplicativo em todos os valores de raio atômico dos elementos escolhidos, têm-se os valores dos diâmetros dos modelos projetados. Contudo, para facilitar na métrica da modelagem, foi feito um arredondamento desses valores para o número inteiro mais próximo. Assim, a Tabela 1 indica os valores dos raios atômicos e dos diâmetros dos modelos de cada elemento químico.

Tabela 1 - Valores de raio atômico e do diâmetro dos modelos esféricos de cada elemento químico.

Elemento Químico	Raio Atômico (pm)	Diâmetro do modelo (mm)
Hidrogênio	37	12
Hélio	31	10
Lítio	152	50

Berílio	112	36
Boro	85	27
Carbono	77	25
Nitrogênio	75	24
Oxigênio	73	23
Flúor	72	22
Sódio	186	60
Magnésio	160	52
Alumínio	143	47
Fósforo	110	35
Enxofre	103	33
Cloro	99	32
Potássio	227	75
Bromo	114	38

Fonte: Autoria própria.

Já as projeções dos modelos cúbicos vazados, que representam os volumes ocupados por 1 Kg de determinadas substâncias, foram feitas a partir da função Sólido do site Tinkercad, colocando uma esfera de 5 mm de diâmetro ligada a 3 cilindros, com mesma largura, perpendiculares entre si. Unindo a esfera e os cilindros, gerou-se um vértice do cubo ou pode-se dizer que é um “canto” do cubo. Foram feitas 8 peças dessas para formar os 8 cantos do cubo. Já as arestas do cubo são feitas de canudo biodegradável, e sua medida de tamanho de acordo com o volume do cubo pode ser feita tanto pelo professor, quanto pelo aluno. Cada canudo possui o comprimento de 21 cm, ou seja, arestas maiores do que 21 cm precisarão lançar mão de um conector com diâmetro de 5 mm capaz de unir dois canudos. Para calcular os volumes dos cubos, é necessário saber os valores da densidade das substâncias. Esses valores estão contidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de densidade de determinadas substâncias estudadas no Ensino Médio.

Líquidos	Densidade [g/cm ³]
Álcool	0,79
Benzeno	0,90
Água	1,00
Mercúrio	13,60
Hexano	0,66
Nitroglicerina	1,60

Fonte: Vestibular Uncisal (2016).

O volume ocupado por 1 Kg das diversas substâncias da Tabela 2 é calculado da seguinte forma. Neste cálculo, será utilizada a substância água como exemplo.

Cálculo do volume a partir da densidade:

$$Volume (H_2O) = \frac{1000 \text{ g}}{Densidade (H_2O)} \Rightarrow Volume (H_2O) = \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ g/cm}^3} = 1000 \text{ cm}^3$$

Cálculo do tamanho das arestas pela raiz cúbica do volume:

$$\sqrt[3]{1000 \text{ cm}^3} = 10 \text{ cm}$$

Para as outras substâncias líquidas, o cálculo segue o mesmo padrão. A Tabela 3 a seguir mostra os valores dos volumes e dos tamanhos das arestas do cubo para as substâncias contidas na Tabela 2.

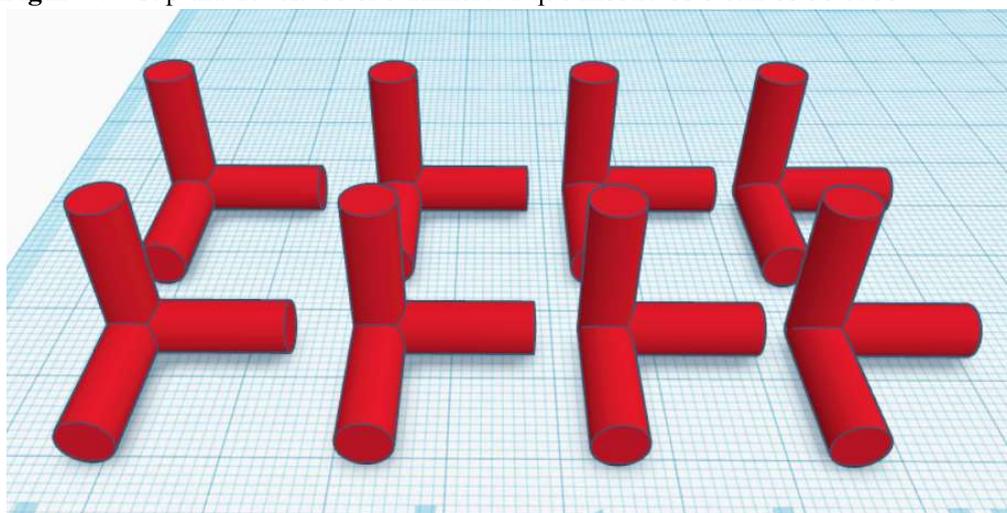
Tabela 3 - Valores de quantidade de matéria, volume e tamanho das arestas do cubo para cada substância da Tabela 2.

Substância	Quantidade de matéria (mol)	Volume (cm ³)	Tamanho da aresta (cm)
Etanol	3,7	1265,8	10,8
Benzeno	2,3	1111,1	10,3
Água	10	1000,0	10
Mercúrio	0,9	73,5	4,2
Hexano	2,1	1515,1	11,5
Nitroglicerina	0,8	625,0	8,5

Fonte: Autoria própria

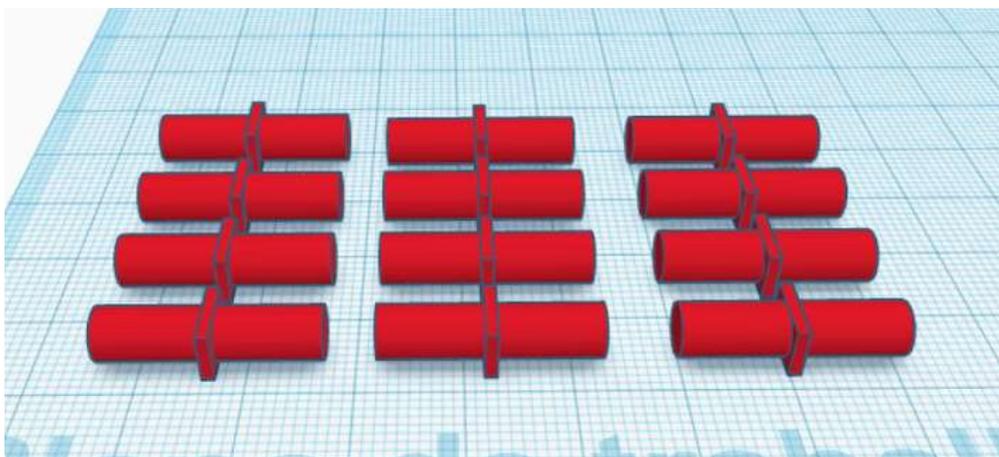
Já para as substâncias gasosas, o volume representado pelo material didático 3D não será o ocupado pela massa de 1Kg de gás, mas pela quantidade de 1 mol da substância gasosa. Como em Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), o volume molar de qualquer gás é igual a 22,4 L (22.400 cm³), foi feito um único modelo para todas as substâncias gasosas. Esse modelo único possui arestas de tamanho $\sqrt[3]{22.400 \text{ cm}^3} = 28,2 \text{ cm}$. Como a aresta do cubo que representa o volume ocupado por 1 mol de gás é maior do que o comprimento do canudo, é preciso fazer o uso dos conectores. Nas Figuras 4 e 5, são mostrados os cantos dos cubos e os conectores das arestas, respectivamente.

Figura 4 - Captura de tela do site Tinkercad que mostra os 8 cantos do cubo.



Fonte: site Tinkercad.

Figura 5 - Captura de tela do site Tinkercad que mostra os conectores de canudos.



Fonte: site Tinkercad.

CONFECÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D

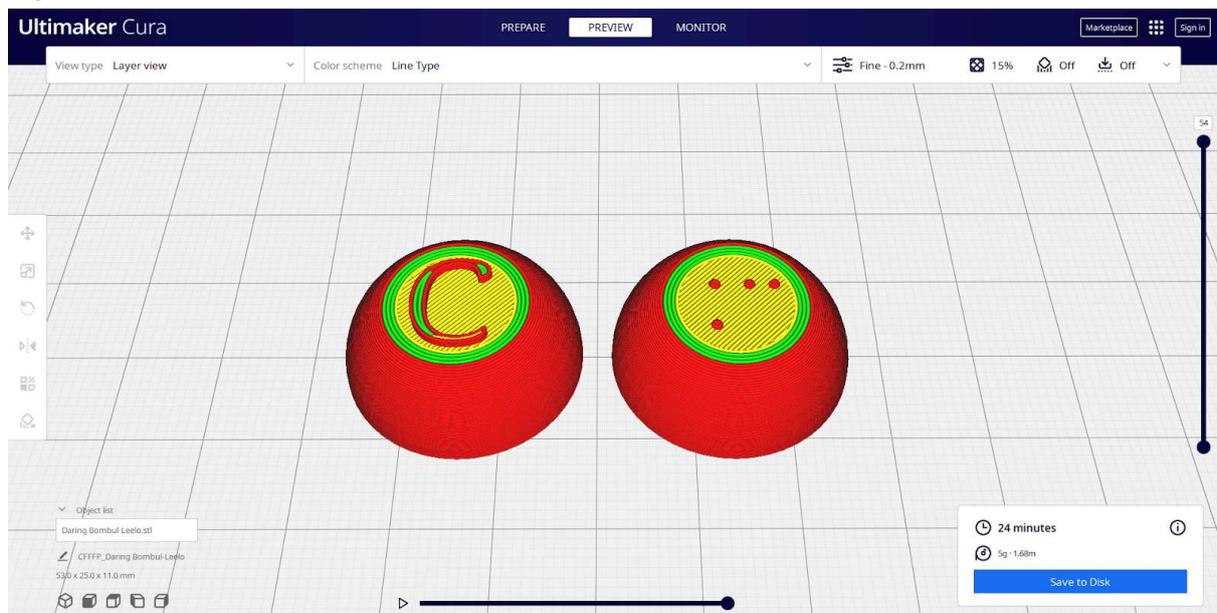
Após baixar os projetos dos pares de semiesferas individualmente, os cantos e os conectores dos modelos cúbicos vazados no formato “.stl”, foi utilizado o software Ultimaker Cura (Versão 4.13.1) para fatiar os objetos em camadas e converter o arquivo para o formato “.gcode”, o qual a impressora 3D reconhece para impressão. Esse software fatiador permite que sejam variadas algumas características do fatiamento, como a espessura das camadas, o preenchimento do objeto, entre outros fatores. A fim de cumprir os requisitos propostos por Mól e Dutra (2020), como ser ergonômico, barato, resistente, de qualidade e simples, as configurações de impressão foram ajustadas da seguinte forma:

- Espessura das camadas: 0,2 mm;

- Preenchimento: 15% e rede;
- Temperatura de extrusão: 190 °C;
- Número de bordas: 4;
- Número de camadas (fundo e topo): 3;
- Velocidade de extrusão: 55 mm/s;

Após a projeção e o fatiamento dos modelos 3D, o arquivo é baixado no formato “.gcode” e passado para o cartão SD da impressora 3D. Na Figura 6, é mostrado uma captura de tela do software Ultimaker Cura com o exemplo do modelo do átomo de carbono sendo fatiado em camadas junto com as configurações mostradas acima e o tempo estimado de impressão.

Figura 6 - Fatiamento do modelo do átomo de carbono no software Cura.



Fonte: software Ultimaker Cura.

A impressora 3D é um equipamento gráfico capaz de imprimir objetos por meio da fusão e solidificação de um material plástico, chamado de filamento. Esse material é aquecido pelo bico extrusor e posto na mesa térmica para formar o objeto por meio do sistema de camadas. A produção dos modelos foi feita a partir de uma impressora 3D core XY, a qual possui um bico extrusor que se move nos eixos X e Y, enquanto a mesa térmica se move apenas no eixo Z. Existem vários tipos de filamentos e cada um possui uma ou mais características que contribuem para a funcionalidade do objeto impresso. O filamento

escolhido para a confecção dos materiais didáticos inclusivos foi o PLA, pois é barato, rígido, resistente, renovável e biodegradável, já que é derivado do milho e da cana-de-açúcar.

Como o material didático 3D produzido é inclusivo, espera-se que as pessoas videntes também sejam atendidas no ensino de raio atômico e de densidade por meio deles. Desse modo, é importante que os materiais que representam átomos de elementos pertencentes à mesma família sejam pintados da mesma cor. Logo, tanto as pessoas videntes, as pessoas de baixa visão e as pessoas cegas são atendidas. A Tabela 4 contém as cores das tintas a serem utilizadas para pintar os modelos esféricos de raio atômico de acordo com a família do elemento químico.

Tabela 3 - Cores das tintas utilizadas para pintar as esferas de acordo com a família do elemento químico.

Família dos Elementos	Cor do Filamento
Hidrogênio e Metais Alcalinos	Branco
Metais Alcalinos Terrosos	Amarelo
Família do Boro	Verde
Carbono	Preto
Família do Nitrogênio	Vermelho
Calcogênios	Azul Escuro
Halogênios	Laranja
Hélio	Rosa

Fonte: Autoria própria.

APLICAÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS INCLUSIVOS 3D

A aplicação dos materiais didáticos inclusivos 3D produzidos neste trabalho foi feita com uma pessoa com deficiência visual já formada no Ensino Médio. Essa pessoa chama-se Geovane, é psicólogo e ele autorizou eu usar as respostas e a imagem dele neste trabalho. Além disso, foi realizada uma entrevista semi-estruturada com ele após a aplicação dos materiais didáticos 3D para verificar se as expectativas do autor e dele foram alcançadas. A

coleta das respostas foi realizada por meio da gravação de áudio durante e após a aplicação dos produtos pedagógicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A impressão dos materiais didáticos não foi feita com a impressora 3D disponibilizada pela UnB, pois ela estava desregulada e o aluno-autor e o orientador deste trabalho não tinham conhecimento suficiente para regular a impressora 3D da forma correta. Dessa forma, a impressão dos produtos pedagógicos foi realizada na impressora 3D de um amigo do autor, a qual estava perfeitamente regulada e calibrada. A Figura 7 mostra o processo de impressão dos modelos que representam os metais alcalinos terrosos e o resultado final.

Figura 7 - Processo de impressão e resultado final dos modelos esféricos.



Fonte: A autoria própria.

Como visto na Figura 7, os materiais didáticos foram impressos com apenas uma cor de filamento, o preto. Para atender as exigências de um material inclusivo, ele deve ser de fácil manipulação e identificação por parte de todos os alunos. Isso significa que o produto pedagógico não pode atender somente a pessoa com deficiência, ou seja, não pode estimular somente os sentidos do aluno com deficiência em sua totalidade, e não estimular os sentidos do aluno sem deficiência, mesmo sendo possível ser de feito. Em outras palavras, esses materiais não podem ter apenas uma cor, pois os alunos videntes e de baixa visão possuem o sentido da visão, de forma total ou reduzida, e ele precisa ser estimulado sem não houver nenhum impedimento (MÓL, DUTRA,2020). Por conta disso, os materiais didáticos foram tingidos com diferentes cores, as quais já foram relatadas na Tabela 3.

O filamento PLA não é um material bom para receber tintura, pois o plástico o qual ele é constituído não adere muito bem a pintura. Para resolver esse problema, foi utilizada uma camada de primer acrílico em spray na coloração cinza na superfície dos modelos. Esse primer é responsável por deixar a coloração de todos os materiais igual e tampar as imperfeições que tenham ficado durante a impressão, além de aderir a tinta que vem posteriormente. Por ser em spray, teve a vantagem do pouco gasto de material, o que torna o processo de fabricação do material didático mais barato. A Figura 8 exhibe como ficaram os produtos pedagógicos que representam os elementos halogênios após uma camada de primer em sua superfície.

Figura 8 - Materiais didáticos 3D após uma camada de primer em sua superfície.



Fonte: Autoria própria.

A pintura dos materiais didáticos foi efetuada com tinta acrílica brilhante com as cores branco, preto, azul, amarelo e vermelho. As outras cores foram feitas a partir da junção das demais cores primárias (azul + amarelo = verde|amarelo + vermelho = laranja|vermelho + branco = rosa). Esse processo de tingimento é o mais artesanal de todos e o que mais exige cuidado e calma, pois a tinta acrílica tem a característica de secar rápido. Então, é preciso pintar com movimentos retos e com pouca tinta no pincel, pois, caso ela seque antes de se terminar de dar o acabamento, não irá prejudicar os detalhes das letras em tinta e em braille que estão nas superfícies segmentadas de cada semiesfera. Além disso, algumas tintas são um pouco transparentes, como a de cor branca e laranja. Isso implica na necessidade de passar das camadas para fixar bem a cor. Após os modelos secarem, basta passar uma cola instantânea na base das semiesferas e colá-las junto com as outras partes complementares. Na Figura 9, nota-se o resultado final dos materiais didáticos esféricos já distribuídos de forma crescente de acordo com o raio atômico, da esquerda para a direita e de cima para baixo.

Figura 9 - Resultado final dos materiais didáticos esféricos, que estão distribuídos em ordem crescente de raio atômico.



Fonte: Autoria própria.

Já os materiais didáticos cúbicos não exigiram colorações diferentes, pois a cor não influencia em nada nos quesitos identificação e manipulação. Devido a isso, as peças do cubo já saem da impressora 3D prontas para serem usadas. Contudo, como as dimensões das peças do modelo cúbico e do canudo são muito semelhantes, alguns canudos não encaixam com facilidade nos cantos e conectores. A fim de contornar esse obstáculo, as extremidades de cada peça foram passadas alguns segundos no fogo, somente para amolecerem um pouco, e, logo em seguida, serem moldadas com os dedos. Essa prática fez com que essas extremidades afinassem um pouco e permitissem o encaixe com os canudos. A Figura 10 mostra o processo de amolecimento do PLA com fogo e a diferença do antes e depois da peça.

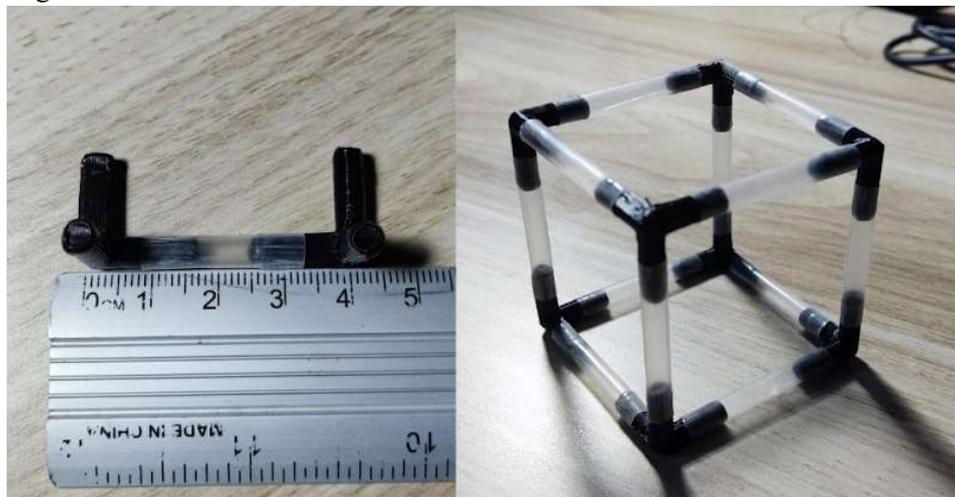
Figura 10 - Processo de amolecimento da extremidade do conector de canudos à esquerda e o antes e depois do processo à direita.



Fonte: Autoria própria.

Na montagem do cubo referente ao volume ocupado por 1 Kg de mercúrio, foi utilizada a medida de $4,2\text{ cm}$ nas arestas, o que resulta em um cubo com volume de $73,5\text{ cm}^3$. Na Figura 11, é mostrada a medida da aresta e o resultado final do cubo montado.

Figura 11 - Tamanho da aresta do cubo que representa o volume ocupado por 1 Kg de mercúrio e o resultado final.



Fonte: Autoria própria.

Já na montagem do cubo referente ao volume ocupado por 1 mol de gás, o comprimento da aresta foi de $28,2\text{ cm}$, o que resulta em um cubo com volume de 24.200 cm^3 . Tendo em vista que a aresta deste modelo cúbico é superior a 21 cm, comprimento do canudo, foi necessária a utilização dos conectores de canudo, o qual uniu

dois canudos de mesmo tamanho com o intuito de formar uma aresta com dimensão de $28,2\text{ cm}$. A Figura 12, encontrada a seguir, traz a medida da aresta e o resultado final deste cubo.

Figura 12 - Tamanho da aresta do cubo que representa o volume ocupado por 1 mol de gás acima e o resultado final abaixo.



Fonte: Autoria própria.

A aplicação dos materiais didáticos 3D foi realizada em um ambiente descontraído e a abordagem realizada com o Geovane foi a mais tranquila possível. Antes de começar a aplicação de fato, foi questionado ao Geovane se poderiam ser feitas gravações de áudio e de vídeo para uso posterior no TCC, e ele concordou e até incentivou esses registros. A primeira parte da aplicação foi destinada à verificação dos modelos esféricos, principalmente das escritas em braille, para certificar que elas realmente estavam boas. Ao encostar nos materiais didáticos, o Geovane, rapidamente, já conseguiu identificar o símbolo de cada um. Ele afirmou que a parte que mais exige a atenção dele é no início, em que ele precisa identificar

onde está localizado o símbolo de maiúsculo em braille, o qual sinaliza o começo da escrita do símbolo do elemento químico. Entretanto, após encontrado, fica fácil fazer a leitura, pois a escrita em braille está bem clara, seguindo todos os padrões. Inclusive, o Geovane ficou surpreso quando o aluno-autor revelou que fez todas as projeções das escritas em braille de forma manual, sem pegar pronta em nenhum site. Outro fato importante foi que ele conseguiu compreender a relação entre o aumento dos períodos dentro de uma mesma família e o aumento do raio atômico. Abaixo, na Figura 13, é mostrado um dos momentos em que Geovane estava identificando o modelo 3D que representa o átomo de enxofre (símbolo S).

Figura 13 - Momento em que Geovane identifica o símbolo S do material que representa o enxofre.



Fonte: Autoria própria.

O segundo momento foi destinado à aplicação dos produtos pedagógicos cúbicos, o qual consistiu em mostrar para o Geovane o volume ocupado por 1 Kg de mercúrio (73,5 mL) através do material didáticos formado pelos cantos e os canudos, e a massa de 1 Kg, a

qual foi representada por meio de uma garrafa preenchida com 1 L de água. A última parte da aplicação foi um desafio com o Geovane, em que foi pedido para que ele tentasse montar o cubo do volume do mercúrio. Em sua primeira tentativa, ele obteve o auxílio do aluno-autor para guiá-lo, e conseguiu montar o modelo cúbico em 15 minutos. Contudo, ele pediu uma segunda tentativa, mas sem auxílio nenhum, para ver se conseguia encaixar todas as peças no local correto em menor tempo. Na segunda tentativa, ele conseguiu montar o cubo em 7 minutos, metade do tempo da tentativa anterior, o que mostra a capacidade de adaptação e a fácil manipulação do modelo. A Figura 14 traz o momento em que Geovane montou o modelo cúbico do volume ocupado por 1 Kg de mercúrio.

Figura 14 - Momento em que Geovane monta o cubo que representa o volume ocupado por 1 Kg de mercúrio.



Fonte: Autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a aplicação dos produtos pedagógicos inclusivos 3D, foi feita a entrevista semi-estruturada, a qual foi transcrita e está disponível no Apêndice I, na íntegra. Porém, houve um trecho da entrevista em que o Geovane falou da importância desses materiais didáticos inclusivos 3D no ensino da química. O trecho pode ser visualizado logo abaixo:

Geovane: Cara, quando eu vejo professores que fazem esse tipo de material com o intuito de melhorar a forma de ensino, eu agradeço demais, porque esse professor tem um diferencial, porque ele se preocupou, ele fez, ele tem o material. Então, você faz a diferença na vida dos seus alunos, porque, cara, química não é um negócio fácil de se aprender pra gente, tem muita coisa visual...

André: Muita coisa abstrata...

Geovane: Sim, e a gente realmente precisa do concreto, precisa de materiais como esse. E eu fiquei tão feliz, cara, de você poder... de você, sabe, se preocupar em... se dedicar a isso, a essa questão da deficiência visual. Achei assim... Eu acho isso muito bom, eu acho isso fantástico.

André: Uma das coisas que eu pensei é, tipo assim, era um conteúdo que eu tinha muita dificuldade de entender, porque era uma coisa muito visual, o professor tinha que ficar desenhando, usando o livro, essas coisas, e também pra mim não tinha materiais didáticos. Então, eu tinha que ir imaginando. Aí eu pensei, cara, se é difícil pra mim, que tô conseguindo ver o desenho do professor, imagina para que não tá conseguindo ver. Aí é complicado! Aí eu pensei: “A gente tem que fazer uma forma dele entender”

Geovane: Isso, mas muito bom, cara. Parabéns! Maravilhoso!

André: Muito obrigado!

A partir desse relato e de todos os outros fatos já apresentados, pode-se afirmar que este trabalho teve como resultado um material didático 3D inclusivo, de fácil manipulação e identificação dos átomos e das substâncias, pois respeita o raio atômico e a densidade. A aprovação por parte de uma pessoa com deficiência visual mostra que grande parte dos

requisitos propostos Mól e Dutra (2020) e Frosch (2021) foram atingidos. Além disso, os produtos pedagógicos 3D também são resistentes e baratos, Esse resultado pode ser explicado devido aos fatos de que o preenchimento de 15% em forma de rede deixa o modelo com uma boa resistência a pressões manuais e quedas. Ademais, a pequena taxa de preenchimento proporcionou uma economia de filamento, sendo utilizado apenas 440 gramas de filamento para a impressão de todo o kit. Como 1 Kg de filamento PLA custa, aproximadamente, R\$ 125,00, tem-se que foram gastos, em média, R\$ 55,00 com filamento. Ao juntar com os preços do primer, das tintas, dos canudos e da energia, não ultrapassa o valor de R\$ 70,00, o qual é bem inferior aos valores dos kits 3D encontrados no mercado sobre o ensino de moléculas, que custam, em média, R\$ 175,00. Vale ressaltar que não foi encontrado nenhum kit de material didático 3D que fosse inclusivo e abordasse sobre os conteúdos: raio atômico e densidade.

Portanto, conclui-se que os materiais didáticos inclusivos 3D projetados e produzidos cumprem sua função de atender alunos com deficiência visual no ensino de raio atômico e densidade. Além disso, os materiais criados se mostraram eficazes no auxílio do desenvolvimento de habilidades, como coordenação motora, percepção tátil e noções de geometria. Contudo, os materiais têm uma carência, que foi percebida durante a aplicação. Essa carência se mostra pela falta de um material de apoio que explique quais são os materiais presentes no kit e quais as informações importantes de cada peça. Um material de apoio escrito em braille e em tinta com um grande tamanho de fonte seria de grande auxílio para os professores, durante as aulas, mas também para o próprio aluno com deficiência visual, o qual poderia estudar sobre esses conteúdos sem a necessidade de estar sempre acompanhado de um professor para entender o que os materiais didáticos do kit representam. Dessa forma, percebe-se que um material de apoio seria fundamental para estimular a independência do aluno.

Por fim, este trabalho tem as características makers propostas pelo Manifesto Maker e apresentadas por Frosch (2021). Vale ressaltar que os 10 aspectos estruturantes da cultura maker são: fazer, compartilhar, presentear, aprender, equipar-se, divertir-se, participar, apoiar, mudar e permitir-se errar. A partir desses aspectos, o que chamou mais a atenção do aluno-autor é o de compartilhar, pois muitos documentos de projetos 3D são compartilhados na internet sem esperança de retorno financeiro. E esses documentos foram essenciais para ensinar e inspirar o aluno-autor deste trabalho. Desse modo, os projetos dos materiais didáticos inclusivos 3D feitos neste trabalho serão compartilhados no Apêndice II e no site Thingiverse, um dos maiores e mais populares repositórios gratuitos de modelagem 3D da

internet. Essa é uma forma de retribuir e agradecer à Cultura Maker pelo aprendizado durante esses anos de trabalho.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Gravação transcrita - Aplicação dos materiais didáticos inclusivos 3D com o Geovane

André: Então, vamos lá. Aqui eu tenho modelos químicos que representam os diferentes tamanhos de raio atômico entre os elementos químicos. Ele é um modelo esférico, que eu vou colocar na sua mão. E aí ele tem, de um lado da esfera, tem uma escrita em português e do outro lado tem uma escrita em braille.

Geovane: Tá, português, isso aqui se chama tinta. Isso. É que o braille também é português. Tinta, em tinta.

André: Ahh, entendi. Era justamente isso que eu queria saber, como eu poderia falar disso no TCC. Eu só não sabia como é que eu poderia falar... Aí eu colocava em letras visuais, mas agora eu entendi que é em tinta. Obrigado!

Geovane: É, você pode colocar em tinta. Aqui tá, MG!

André: Ah, moleque, deu certo! Deu certo, que legal! Então, esse primeiro modelo você identificou o que mesmo?

Geovane: Tem aqui, ó, sinal de maiúsculo, M e o G minúsculo.

André: Exato! Aí esse modelo representa o magnésio. Então, esse magnésio, aí ele tem a cor amarela. Agora, tem outro, que é esse daqui, vou colocar aqui na sua mão. Esse é outro.

Geovane: Aí tem a tinta de um lado e o braille do outro. Aqui tem N-E. N-E?

André: Não, não é isso. Foi quase.

Geovane: Não, não, calma. É, não, é B-E.

André: Isso, perfeito!

Geovane: Desculpa! É porque eu estou meio enferrujado na leitura. Eu estou tão acostumado a usar o celular que esqueci. Mas deixa eu conferir de novo. Hmm, é B-E mesmo.

André: Perfeito! Isso aí! Então, vamos lá. Esses dois que eu te entreguei são elementos químicos da mesma família. Isso significa que eles têm propriedades periódicas parecidas.

Então, por exemplo, se você colocar esses dois elementos junto com a água, eles vão formar uma base, um hidróxido. E para representar que os dois são da mesma família, ambos foram pintados de amarelo.

Geovane: Certo! Entendi! Mas vem cá, você acha que é necessário pintar esses modelos?

André: Ahh, sim! Essa é uma boa pergunta. Esses materiais que eu fiz são materiais inclusivos, que precisam atender todos os alunos, sendo eles alunos com deficiência visual ou não. Mas, se fosse um material didático especial para deficientes visuais, aí provavelmente eu não pintaria, pois seria próprio para os estudantes com deficiência visual.

Geovane: Ahh, que legal! Muito bom!

André: Aí vocês tem os dois elementos da mesma família, o berílio, na mão esquerda, e o magnésio, na mão direita. Qual deles é o maior?

Geovane: O da direita, o magnésio.

André: Isso! Você sabe o por quê?

Geovane: Rapaz, não faz pergunta difícil não.

André: É simples! É porque o átomo é como se fosse uma cebola, cheia de camadas. Nesse caso, o berílio é menor, porque ele possui só duas camadas. Já o magnésio é maior, pois possui três camadas.

Geovane: Tá bom, entendi. Então, esse daqui é maior, pois possui uma camada a mais do que esse outro. É isso?

André: Perfeitamente! Isso mesmo! Agora, tenho mais 4 elementos para te mostrar. Vou colocar eles bem aqui na sua frente. Deixa eu pegar aqui. Ó, tem esse aqui que não tem braile nenhum, porque ele é muito pequenininho, não dá pra colocar. Então é esse cara que não tem nada. Ele é o hidrogênio. Aí tem esse outro aqui. Esse aqui é um pouco maior. Então, o hidrogênio tem só uma camada. Esse já tem duas, por isso que ele fica bem maior. E também tem outros dois maiores ainda, que estão embaixo da sua mão esquerda. Vê se você consegue identificar quais são eles.

Geovane: Deixa eu ver. Então, esse aqui é o hidrogênio, que não tem nada. Esse aqui é o L-I. Esse é o N-A. E esse é o K. É isso?

André: Exatamente! Perfeito! Esse cara é o lítio. Aí ele já tem duas camadas, então ele já fica bem maior. Aí agora já tem a terceira camada. Esse aqui tem duas camadas? Isso. Então o hidrogênio tem uma, que é bem pequenininha. Aí de uma camada pra outra... Esse aqui ó...

Esse aqui tem duas. Esse tem duas também. Então, os dois que você está segurando tem duas camadas. A pergunta é, por que um é maior que o outro? Esse cara aqui, ele tem poucos prótons. Então a força nuclear dele é pequena. Então, os elétrons ficam bem longe do núcleo. Agora, esse aqui tem mais prótons. Como ele tem mais prótons, os prótons puxam os elétrons. Positivo com negativo atrai. Então, esse cara vai ficar um pouco menor. E por que o K, chamado de potássio, é maior que os outros?

Geovane: Por conta que ele tem mais camadas?

André: Perfeitamente! O cara já está fera em química.

Geovane: Não, não é pra tanto. Como isso vai ser explicado no material que você vai preparar? Porque isso precisa ficar claro pra pessoa que tá conhecendo. Como vocês vão fazer?

André: Então, esse é um material de suporte para ser usado durante as aulas, digamos assim. Ele seria um material de suporte pra ajudar a entender melhor.

Geovane: Massa! Então, você já estaria passando esse conteúdo, e aí pra ajudar a conseguir explicar, fixar esse conteúdo, você coloca esse material. Massa demais! Você fez as bolinhas proporcionais ao número de camadas?

André: Não necessariamente. Elas estão proporcionais ao raio atômico, exatamente ao raio atômico deles. Como é que a gente vai determinar o raio atômico? A gente pega uma ligação química, a gente monta uma molécula e aí vê qual que é a distância entre um átomo até o outro. E aí pega essa distância e divide por dois. Aí esse vai ser o tamanho do nosso raio atômico. Então, por exemplo, a distância da ligação entre dois oxigênios é de 100. Então, quer dizer que o raio atômico do oxigênio é 100 dividido por 2, que é 50. Então esse é o tamanho dele. Aí a gente faz isso com todos eles e vê qual é a proporção. Então eles meio que estão em tamanhos reais, só que em escala muito maior. É mais ou menos isso. Tranquilo?

Geovane: Tá, então quando você for elaborar o material de contextualização, você precisa colocar que o tamanho das bolinhas têm é proporcional ao raio atômico, porque senão vai confundir, uma pessoa vai pegar e vai ficar uai, mas como que tem bolinhas que são iguais e as camadas não são, não é o mesmo tanto de camadas, entendeu? Vai ficar confuso.

André: Show! Sim, perfeito. Agora, quais são esses daqui? Eu vou colocar mais três modelos na sua frente. Vê se você consegue identificar.

Geovane: Eita, esse aqui ficou meio difícil. Ah, achei. É que, dependendo da posição que a gente pega a bolinha, até a gente achar o sinal de maiúsculo, já levou meia hora... Um C.

André: Perfeito! Esse é o de carbono. E esse?

Geovane: Esse aqui é um N.

André: Esse é o nitrogênio. E por último tem esse aqui, ó.

Geovane: CL. CL.

André: Esse aí é o cloro. É o que tem na piscina pra deixar ela limpa das bactérias.

Geovane: Legal!

André: Aí, agora, queria te fazer umas perguntas. Quando você estava estudando raio atômico, durante o ensino médio, quais eram os materiais que você utilizava, que os seus professores utilizavam para te ensinar?

Geovane: Cara, a gente fazia meio que no improviso. Tinha um plano cartesiano. Já viu o plano cartesiano? E aí é tipo um geoplano, né? Aí você vai colocando os pininhos e aí você... meio que um raio atômico. Era tipo feito por liguinhas, então era mais ou menos um espaçozinho assim, ó. Aí cada espaçozinho assim, tinha um pininho aqui, um pininho aqui e ela ia esticada entre os dois. Cada espaço aqui significava um raio atômico. Entendeu? Entendi. Era assim também para geometria, aquele negócio de triângulo, hipotenusa, catetos? Pitágoras!

André: Pitágoras! Grande Pitágoras! Nossa senhora! Perfeito! Outra pergunta, esse modelo ajudaria você durante o seu ensino médio?

Geovane: Ajudaria, ajudaria! Eu achei muito interessante. Agora, essa questão das camadas ficou confusa. Então, seria bom fazer uma contextualização sobre o raio atômico, a questão das famílias, enfim... Então, seria legal montar um material para o aluno cego usar quando ele estiver sozinho estudando, porque a ideia é ele depender o menos possível das outras pessoas para fazer suas atividades.

André: Entendi! Perfeito! Gostei da ideia, mas como seria esse material?

Geovane: Cara, teria que ser, por exemplo, um papel escrito em braille e em tinta, mas bem grande por conta das pessoas de baixa visão sobre qual é o elemento que ela está segurando. Então, para esse daqui, você ia escrever uma ficha, dizendo: “Esse elemento químico é o lítio, ele tem tantos elétrons, tantos prótons, é da família dos metais alcalinos e possui tal propriedade”. Entendeu?

André: Hmm, entendi. Aí esse material ficaria junto do seu elemento?

Geovane: Isso! O que acha? Você pode ver uma forma melhor de fazer isso com o seu orientador, é só uma ideia.

André: Não, é uma ideia muito boa! Vou ver isso com ele sim. Muito obrigado! Então, agora, eu vou guardar esse daqui e te mostrar o outro material didático. Esse outro é bem mais simples, bem mais tranquilo. Ele é só pra questão de densidade. Densidade das substâncias. Por exemplo, como era que você aprendia sobre densidade no ensino médio, na escola?

Geovane: Era muito engraçado! A gente entendia que uma coisa era mais densa. Por exemplo, a gente fazia aqueles experimentos com coisas que boiavam na água, né? É, afunda ou boia. Quando afunda é mais denso. Quando boia, menos. É uma coisa que eu não esqueci. Aí tinha que ir testando. É isso. Agora eu lembro que tinha um tal de ligação simples, ligação dupla, mais ou menos assim.

André: Exatamente, ligação simples, ligação dupla, tripla também. Show de bola. Então, vamos lá! Aqui eu tenho um modelinho, um cubo, que não tem lados, ele só tem as arestas. Ele representa o volume ocupado por 1 Kg de mercúrio, um metal bastante denso. Vou colocar na sua mão.

Geovane: Hmm, que legal! Isso é em tamanho real?

André: Sim, exatamente! É em tamanho real, são 73,5 mL. E aqui, eu tenho uma garrafa de água com 1 L de água, a qual possui 1 Kg de massa. Ou seja, se esse cubinho fosse preenchido de mercúrio, ele teria essa massa.

Geovane: Caraca! Você tá falando sério? Esse tamanhinho de mercúrio teria esse peso?

André: Exatamente! Não dá nem pra acreditar, né?! Pra você ver o tanto que o mercúrio é denso.

Geovane: Que legal! Isso é muito interessante!

André: Agora, gostaria de saber se esse material didático te ajudaria a entender melhor sobre a densidade na sua época de ensino médio.

Geovane: Nossa! Ajudaria demais! Eu ainda estou impressionado que aqui cabe 1 Kg de mercúrio.

André: Sim, que bom que você gostou.

Geovane: Esse material é feito de quê?

André: Ah, é verdade! Os cantinhos são feitos de plástico por uma impressora 3D e os meios são canudos plásticos, eles são as arestas dos cubos.

Geovane: Ah, que legal!

André: Aí a ideia era de fazer com que o aluno conseguisse montar. Aí eu queria ver se eu tirar aqui as arestas, se você consegue ir montando. Podemos tentar?

Geovane: Podemos, eita nós!

André: Isso, pode ir desmontando. Vou ajudando aqui.

Geovane: Tudo mesmo? Tira tudo?

André: Pode tirar. Então esses canudos, eles foram feitos, a gente mediu qual seria o volume ocupado por 1 Kg de mercúrio e aí fizemos a raiz cúbica desse carinha. Aí deu mais ou menos 4,2 cm. Então, vamos lá! Os cantinhos estão do seu lado direito e os canudos estão no seu lado esquerdo. São 8 cantinhos e 12 canudos, aí você vai conectando os cantinhos nos canudos e vice-versa.

(O Geovane ficou montando o cubo por volta de 15 minutos, e não teve muita conversa durante esse período. Foi mais eu auxiliando ele sobre o que fazer, quais os próximos passos para montar, corretamente, o cubo)

André: Conseguiu, perfeito! E aí, foi fácil, difícil, complicado, impossível, moleza?

Geovane: Cara, não é fácil, mas é bem interessante. Foi difícil, tanto que algumas vezes eu precisei de uma ajudinha, mas assim... eu acho que foi uma proposta muito bacana, pois trabalha coordenação motora, trabalha tato, trabalha noção de geometria. Você vai criando forma, e para o cego em geral, tanto a pessoa vidente até o baixa visão, eu penso que seja um pouquinho mais fácil, posso estar enganado, mas eu falo assim, vou falar da minha experiência, como cego de nascença... eu acho isso muito legal, porque às vezes para a gente construir formas não é tão simples, entendeu? Então, quando a gente tem essa oportunidade de ir vendo o negócio tomar forma, isso trabalha muita coisa. Assim, como vocês vão aplicar isso com alunos que ainda estão em fase de desenvolvimento que é na adolescência, né? Pra ensino médio?

André: Isso, pra ensino médio, talvez fundamental.

Geovane: É, eu acho que assim tudo bem que já é uma fase bem adiantada, né? Mas mesmo assim, eu acho muito show, muito legal.

André: Que bom que você gostou.

Geovane: A ideia é fantástica.

André: Muito obrigado! Então, é isso! Gostou?

Geovane: Gostei sim. Eu só queria montar o cubo de novo. Posso?

André: Claro! Pode ficar à vontade! Eu só vou deixar as peças organizadas aqui na sua frente, só um minuto.

Geovane: Nossa, como as coisas pra desmontar é a coisa mais rápida do mundo. Agora pra montar...

André: Verdade! É igual o cubo mágico... Pronto, os canudos estão na sua esquerda e os cantinhos estão na sua direita.

(Durante os próximos 7 minutos, o Geovane montou o cubo sem as minhas orientações, mostrando que se adaptou rapidamente ao material didático inclusivo 3D)

André: Pam, pam, pam! Ayrton, Ayrton Senna do Brasil! Caracas! Você conseguiu fazer em 7 minutos.

(Após essa fala, a gravação foi encerrada. Porém, a gravação foi reiniciada quando o Geovane estava falando sobre a importância desses materiais didáticos inclusivos 3D no ensino da química)

Geovane: Cara, quando eu vejo professores que fazem esse tipo de material com o intuito de melhorar a forma de ensino, eu agradeço demais, porque esse professor tem um diferencial, porque ele se preocupou, ele fez, ele tem o material. Então, você faz a diferença na vida dos seus alunos, porque, cara, química não é um negócio fácil de se aprender pra gente, tem muita coisa visual...

André: Muita coisa abstrata...

Geovane: Sim, e a gente realmente precisa do concreto, precisa de materiais como esse. E eu fiquei tão feliz, cara, de você poder... de você, sabe, se preocupar em... se dedicar a isso, a essa questão da deficiência visual. Achei assim... Eu acho isso muito bom, eu acho isso fantástico.

André: Uma das coisas que eu pensei é, tipo assim, era um conteúdo que eu tinha muita dificuldade de entender, porque era uma coisa muito visual, o professor tinha que ficar desenhando, usando o livro, essas coisas, e também pra mim não tinha materiais didáticos. Então, eu tinha que ir imaginando. Aí eu pensei, cara, se é difícil pra mim, que tô

conseguindo ver o desenho do professor, imagina para que não tá conseguindo ver. Aí é complicado! Aí eu pensei: “A gente tem que fazer uma forma dele entender”

Geovane: Isso, mas muito bom, cara. Parabéns! Maravilhoso!

André: Muito obrigado!

APÊNDICE II

▣ Modelos 3D TCC

https://drive.google.com/drive/folders/1HJDCa9OH4tm2l0_7ffijloyYWqc5kuLV?usp=sharing

[g](#)

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. **Um Processo para Utilizar a Tecnologia da Impressão 3D na Construção de Instrumentos Didáticos para o Ensino de Ciências.** UNESP (SP - Bauru), 2016.

BONFIM, C. MÓL, G. PINHEIRO, B. A **(In)Visibilidade de Pessoas com Deficiência Visual nas Ciências Exatas e Naturais: Percepções e Perspectivas.** Rev. Bras. Ed. Esp., Bauru, v. 27, n. 2, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.** Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1-3, 3 dez. 2004.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015.** Estatuto da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1-6, 7 jul. 2015.

FROSCHE, R. **O Mundo em 3D: Produção de recursos pedagógicos inclusivos.** Campos dos Goytacazes (RJ): Encontrografia, 2021.

GASPAR G. **Kit Molecular Inclusivo para Deficientes Visuais no Ensino de Estruturas Tridimensionais.** Revista QNEsc – São Paulo, v. 45, n. 3, p. 205-215, 2023.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

GTUMANN, A. ROCHA, Z. ARRUDA, S. **Análise da Aprendizagem de Densidade da Matéria em Uma Aula Investigativa no Ensino Fundamental.** Research, Society and Development, v. 9, n. 10, 2020.

MÓL, G. **O Ensino de Ciências na Escola Inclusiva: Múltiplos Olhares.** 1. ed. Campos dos Goytacazes (RJ): Editora Encontrografia, v. 1, 2020.

MÓL, G. DUTRA, A. **Construindo materiais didáticos acessíveis para o ensino de Ciências.** Capítulo 1 do Livro Práticas Inclusivas: saberes, estratégias e recursos - Encontrografia, 2ª edição, 2020.

MÓL, G. MORAIS, A. SILVA, W. CAMARGO, E. **Panorama da Inclusão no Ensino de Ciências de acordo com publicações mais relevantes da Área.** ReSBEnQ Brasília-DF, v. 01, n. 1, 2020.

MÓL, G. SANTANA, R. SILVA, W. **Educação Inclusiva e suas nuances no fazer pedagógicos:** Desafios encontrados por um grupo de professores. Desenvolvimento Curricular e Didática - 7º Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa. Indagatio Didactica, vol. 11 (3), 2019.

OLIVEIRA, C. **O Ensino de Ciências na Perspectiva da Educação Inclusiva:** Uma Análise a partir da Produção e Implementação de um Material Didático 3D. Bagé, 2020.

ONISAKI, H. VIEIRA, R. **Impressão 3D e o Desenvolvimento de Produtos Educacionais.** Educitec, Manaus, v. 05, nº 10, p. 128 - 137, 2019.

PACHECO, K. ALVES, V. **A História da Deficiência, da Marginalização à Inclusão Social:** Uma Mudança de Paradigma. Tendências e Reflexões - Acta Fisiatr, 2007.

REZENDE, F. **RAIOQUIZ:** Discussão de um Conceito de Propriedade Periódica por Meio de um Jogo Educativo. Revista QNEsc - São Paulo, v. 41, n. 3, p. 248-258, 2019.

ROSSI, A. **Reflexões sobre o que se Ensina e o que se Aprende sobre Densidade a partir da Escolarização.** Revista QNEsc, n. 30, 2008.

RODRIGUES, B. RUBI, D. BARASSA, J. **Deficiência Visual e Ensino de Química.** Trabalho de Conclusão de Curso - UNIFIA, 2012.

RODRIGUES, D. **Inclusão e Educação:** Doze Olhares Sobre a Educação Inclusiva. São Paulo: Summus, 2006.

SANTOS, J. ANDRADE , A. **Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático:** Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. CINTED-UFRGS, Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 18, nº 1, 2020.

SILVA, G. **Kit Molecular Inclusivo para Deficientes Visuais no Ensino de Estruturas Tridimensionais.** Revista QNEsc – São Paulo, v. 45, n. 3, p. 205-215, 2023.

SILVA, J. **Modelos Atômicos e a Impressão 3D**: Proposta para a Inclusão de Alunos Deficientes Visuais no Ensino de Química. Dissertação de Mestrado - UFA. Maceió, 2020.

SOUSA, A. SOUSA, I. **A Inclusão de Alunos com Deficiência Visual no Âmbito Escolar**. Estação Científica - Unifap, Macapá, v. 6, n. 3, p. 41-50, 2016.

TOLEDO, K. RIZZATI, I. **Modelo Atômico 3D como Proposta de Ferramenta Educacional no Ensino das Propriedades Periódicas dos Elementos Químicos**. Revista UFAC Scientia Naturalis, v. 3, n. 2, p. 473 - 485, 2021.

TOLEDO, K. SANTOS, B. RIZZATI, I. **O Uso da Impressora 3D na Construção de Geometrias Moleculares como uma Proposta Didática no Ensino de Química, Adaptado para Pessoas com Deficiência Visual**. VI Congresso Nacional de Educação (Conedu), 2019.

ULIANA, M. MÓL, G. **O Processo Educacional de Estudantes com Deficiência Visual: Uma Análise dos Estudos de Teses na Temática**. Santa Maria - Revista Educação Especial, v. 30, n. 57, p. 145-162, 2017.

VILARONGA, C. CAIADO, K. **Processos de Escolarização de Pessoas com Deficiência Visual**. Rev. Bras. Ed. Esp., Marília, v. 19, n. 1, p. 61-78, 2013.