

## Ensino de estereoquímica baseado em modelagem: inclusão de alunos com a utilização de sementes Amazônicas

Teaching stereochemistry based on modeling: inclusion of students with the use of Amazonian seeds

Amauri Rodrigues de Carvalho  
Ronilson Freitas de Souza

**Resumo:** A pesquisa foi desenvolvida para contribuir de forma inclusiva com o ensino e a aprendizagem de estereoquímica, integrando tanto alunos normovisuais quanto aqueles com deficiências visuais no mesmo ambiente de sala de aula. O objetivo central desta pesquisa foi desenvolver competências teóricas, conceituais e contextuais sobre isomeria espacial. Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de estudo de caso, utilizando entrevista semiestruturada e observação participante. Após a aplicação de sequência didática com ensino baseado em modelagem, os dados coletados foram analisados qualitativamente. Os resultados demonstram o potencial da proposta didática, em contribuir para o processo de ensino e aprendizagem relacionados à estereoquímica, favorecidos através das trocas e interações com os materiais adaptados, possibilitando que o aluno com deficiência visual conseguisse compreender os conceitos envolvidos nas representações das moléculas com isomeria. Foi observado um progresso significativo na compreensão dos conceitos relacionados a Estereoisomeria de todos os alunos. Além disso, observou-se uma adequada internalização dos conceitos, evidenciada pelos resultados do pós-teste, que mostraram percentual de acertos superior a 70%. Esta proposta implementada neste estudo avança na promoção de aulas de isomeria mais inclusivas para alunos com deficiência visual.

**Palavras chave:** ensino de química; estratégia didática; isomeria; deficiência visual.

**Abstract:** The research was developed to contribute in an inclusive way to the teaching and learning of stereochemistry, integrating both visually impaired and visually impaired students in the same classroom environment. The main objective of this research was to develop theoretical, conceptual and contextual competencies about spatial isomerism. To this end, a qualitative research was carried out through a case study, using semi-structured interviews and participant observation. After the application of a didactic sequence with modeling-based teaching, the collected data were analyzed qualitatively. The results demonstrate the potential of the didactic proposal to contribute to the teaching and learning process related to stereochemistry, favored through exchanges and interactions with the adapted materials, enabling the visually impaired student to understand the concepts involved in the representations of molecules with isomerism. Significant progress was observed in the understanding of concepts related to Stereoisomerism of all students. In addition, an adequate internalization of the concepts was observed, evidenced by the results of the post-test, which showed a percentage of correct answers higher than 70%. This proposal implemented in this study advances in the promotion of more inclusive isomeric classes for visually impaired students.

**Key-words:** chemistry teaching; didactic strategy; isomery; visual impairment.



## Introdução

O ato de ensinar Química para alunos do ensino médio não é tarefa fácil, pois a componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), exige uma complexidade no letramento científico, sobretudo em função dos modelos representacionais que são projeções abstratas da matéria não visível naturalmente, principalmente, tratando-se de partículas não detectáveis pela visão, especialmente, ao que se refere a suas unidades elementares.

De acordo com Johnstone (1993), o professor de química trabalha com triangulação entre conceito (submicro), fenômeno (macro) e simbolismo (representacional), no qual requer linguagem própria e com certa dificuldade de compreensão para um leigo. Essa relação entre teorias, leis e os fenômenos observáveis da química, sejam macroscópicos e os microscópicos é elucidada por meio de modelos, códigos e símbolos, que emerge forte caráter visual (Mortimer et al, 2000; Pozo; Gomes; Crespo, 2009).

A aprendizagem de conceitos e fenômenos quanto o nível microscópico e submicroscópico da química, demanda uma representação concreta e, para isso, pode-se usar modelos táteis em três dimensões (3D), pois quando há a construção e a manipulação na confecção dos modelos, isso leva a um desempenho de várias funções epistêmicas, bem como funcionam como artefatos externos para auxiliar a construção do pensamento (Gilbert; Justi, 2016).

Dessa forma, na química é comum imaginar o comportamento espacial de moléculas orgânicas, que podem ser representadas de várias maneiras, dependendo da necessidade de explicar ou interpretar seu comportamento em termos de propriedades químicas, a exemplo da estereoquímica, que apresentam, portanto, mesma fórmula molecular, mesma conectividade, mas seus grupos se arranjam de formas diferentes no espaço tridimensional (SILVA et al, 2018).

Portanto, o ensino e a aprendizagem sobre estereoquímica tem forte apelo visual, uma barreira para pessoas com deficiência visual. Logo, criar meios que o incluam é uma premissa de quem, ou do que, proporciona o



ensino ao estudante com deficiência visual (DV), é de fato um compromisso social, considerando que Mól (2019) relata o ensino inclusivo como uma tarefa do professor de sala de aula, atuante no ensino de ciências, que deve viabilizar estratégias apropriadas para que todos acessem o conhecimento científico.

Com base nessas constatações, surge a necessidade de conceber e adotar metodologias ativas, ou outras metodologias inovadoras, que favoreçam processos de ensino e aprendizagem mais significativos e, ao mesmo tempo, seja possível refletir analiticamente sobre elas.

Inclusive, a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) em suas competências gerais, aborda a necessidade de se ensinar de forma significativa, ativa e inclusiva, atentando aos saberes oriundos dos próprios atores do aprendizado, e mediando meios com linguagens diversas para que o conhecimento seja de fato significativo na vida do estudante.

Um outro aspecto a ser valorizado na área de educação em química, pautado no olhar sobre a educação inclusiva, é que todos devem ter acesso às informações no mesmo ambiente de ensino e aprendizagem. Segundo Mantoan (2003) um ensino universalizado é aquele onde todos os estudantes, com ou sem deficiência, compartilham de um mesmo ambiente escolar, sob um mesmo planejamento pedagógico e estratégias de ensino comum a todos, sem a necessidade de haver, em dado momento, o afastamento do estudante com deficiência para um atendimento especializado, só pelo fato de não ter condições estruturais, ou pedagógicas de atendê-lo conjuntamente.

Assim, surge esta pesquisa para avançar em estratégias didáticas para ensinar química orgânica, com o objeto de conhecimento isomeria, a alunos com DV e normovisuais (NV) em mesmo ambiente escolar, sob um mesmo planejamento pedagógico. E, por conseguinte, busca respostas para o problema: “De que forma o ensino de isomeria espacial por meio do uso do ensino baseado por modelagem, com adoção de modelos tridimensionais produzidos com sementes regionais, auxiliará na aprendizagem tanto de alunos NV e com DV, potencializando o ensino de isomeria de forma inclusiva?”

Para tanto foi estipulado o objetivo geral, desenvolver competências teóricas, conceituais e contextuais sobre química orgânica com ênfase nos



objetos de conhecimento da isomeria espacial a partir da aplicação de uma sequência didática (SD) fundamentada no ensino baseado em modelagem (EBM) adaptada para alunos NV e com DV.

## Metodologia

Esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa com objetivo descritivo, utilizando como método de pesquisa o Estudo de Caso. De acordo com Yin (2015) este método busca compreender de forma mais profunda a realidade que o estudo está sendo realizado, ou seja, os resultados não buscam generalizações e sim fornecer resultados práticos situacional, neste caso, de uma intervenção pedagógica utilizando a abordagem pedagógica ensino baseado em modelagem em uma escola pública no Estado do Amapá.

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa exploratória realizado numa Escola Estadual pertencente à rede pública de ensino do Amapá, situada na Zona Urbana do Município de Macapá, em uma turma da 3ª série do ensino médio, a qual possui um discente cego adquirido, com idade maior que 18 anos. Assim, a pesquisa foi desenvolvida com a participação deste aluno e seus colegas de turma, o professor de química da turma, o professor tutor do aluno (Atendimento Educacional Especializado - AEE) e o professor pesquisador (autor desta pesquisa).

Então, existe um caráter intervencionista conforme Picheth, Cassandre, Thiollent (2016) salientam que a intervenção incentiva o surgimento de novos atores ao longo do processo de pesquisa e à condução da construção do conhecimento coletivo, com base nessas definições e características, o trabalho buscou uma proposta didática com desenvolvimento de instrumentos para a participação efetiva e cooperativa de todos os participantes da pesquisa, que são o professor regente, professor pesquisador, o professor do AEE e os alunos.



## Pesquisa Exploratória

Inicialmente ocorreu uma observação participante com o propósito de investigar o panorama sobre o processo de aprendizagem com ênfase nas dificuldades que os alunos apresentaram durante as aulas de Química. Para tal tarefa foi seguido um roteiro, de acordo com Minayo (2002, p. 59) “a importância dessa técnica reside no fato de podermos captar uma variedade de situações e fenômenos que não são obtidos por meio de perguntas, e sim observados e transmitem o imponderável e invasivo na vida real”.

Para compreender o processo de aprendizagem do aluno com deficiência visual, relacionado aos objetos de aprendizagem de isomeria espacial durante o ensino médio, foi realizada a socialização entre pesquisador e aluno. Neste contexto, a estratégia adotada foi uma entrevista semiestruturada seguindo orientações de Cohen, Manion, Morrison (2018), os quais afirmam que os tópicos e as perguntas são apresentados aos entrevistados, mas as perguntas são abertas e a sequência pode ser ajustada para cada entrevistado, enquanto, as respostas dadas podem ser ajustadas com alertas e sondagens.

Com base no levantamento de conhecimentos prévios sobre a metodologia do Professor regente, o nível de aprendizagem dos alunos NV e com DV, e o nível de conhecimento prévio sobre química orgânica destes estudantes, para assim conceber e aplicar uma intervenção pedagógica, em uma turma da 3ª série do ensino médio (25 alunos normovisuais e 01 aluno com deficiência visual), considerando a aplicação da proposta didática em seis etapas, descritas do quadro 1, cada uma desenvolvida em 2 horas-aulas (100 minutos).

**Quadro 1** – Etapas da Sequência didática com base no “Modelo de Modelagem”

Etapas/Aulas	Descrição	Relação com o Diagrama “Modelo de Modelagem”
Etapa1	Conceituação e apresentação dos modelos e seu uso nas ciências e na química, diferenciar modelo e modelagem, fazer uso de conceitual e representacional de fórmulas estruturais de compostos orgânicos.	Decidir o objetivo de ensino; Escolher o objeto de conhecimento; Desenvolver competências e habilidades para o objeto



		de conhecimento.
Etapa 2	Oficina para a confecção dos modelos a partir das sementes amazônicas, tucumã ( <i>Astrocaryum vulgare</i> ), açaí ( <i>Euterpe oleracea</i> ) e bacaba ( <i>Oenocarpus bacaba</i> ), com base nos conceitos e fenômenos envolvidos na química orgânica, e avaliação prévia pelos alunos NV e DV.	Produzir modelos mentais; Expressar um modo de representação com artefato.
Etapa 3	Aula expositiva sobre isomeria espacial, com uso de modelagem 3D, a partir do artefato confeccionado na aula 2. Desenvolver habilidades de montagem e avaliação de modelos por representacional em modelos.	Desenvolver objetos de conhecimento escolhidos, assim como utilizar os modelos em 3D para reforço ao modelo mental, avaliação, aprovação ou refutação do fenômeno e representacional.
Etapa 4	Modelagem para aplicar isomeria espacial cis/trans, E/Z, com modelo em sementes. Avaliação da aprendizagem.	Desenvolver objetos de conhecimento escolhidos, assim como utilizar os modelos em 3D para reforço ao modelo mental, avaliação, aprovação ou refutação do fenômeno e representacional.
Etapa 5	Modelagem para aplicar isomeria espacial óptica, com modelo em sementes. Avaliação da aprendizagem.	Desenvolver objetos de conhecimento escolhidos, assim como utilizar os modelos em 3D para reforço ao modelo mental, avaliação, aprovação ou refutação do fenômeno e representacional.
Etapa 6	Autoavaliação pelos estudantes, sobre a sua aprendizagem em estereoquímica e EBM, assim como avaliação do Professor Regente.	Em caso de aprovação, reiniciar o ciclo e, se necessário, ajustes ao processo de modelagem.

Fonte: os autores (2023)

## Análise de Dados

Os dados qualitativos gerados pela aplicação dos instrumentos de coleta, como observação, diário de campo e entrevistas, foram organizados e analisados de forma descritiva com objetivo de padrões e compreender as experiências relatadas pelos participantes.



Os dados coletados de forma objetiva foram tratados por meio de estatística básica, com cálculos de frequência e gráficos em uma abordagem exploratória.

## Resultado e Discussões

A partir da entrevista, o professor regente relatou que o aluno com DV é seu discente há 2 anos letivos (2021-2022), o descrevendo como: *“tímido, o que exige muitas vezes uma conversa mais próxima dele ou acompanhado de alguém com quem ele tenha mais intimidade”*, complementando a necessidade do controle maior do comportamento dos outros alunos da turma para obter algum rendimento em sala, mas que quando acompanhado pelo profissional do Atendimento Educacional Especializado (AEE) ele fica mais atuante, todavia segregado da turma.

No relato antecedente, há pontos sensíveis ao ensino inclusivo, como na relação do aluno com deficiência com o ambiente escolar e seu desenvolvimento quanto a aprendizagem, onde segundo Vygotsky (2009) a interação do homem com a sociedade os transformam e, segundo Mól (2019) a escola é o espaço mais apropriado para o aprendizado, oportunizando o professor atuar de forma direta no desenvolvimento do aluno, proporcionando aprendizagens mais significativas. Daí uma das justificativas de manter um estudante com DV em contato com todo o meio e processo de ensino, portanto acredita-se que a segregação do aluno cego, não é salutar a seu desenvolvimento.

Contudo, o professor avalia a aprendizagem do aluno com DV satisfatória, quanto à componente Química, onde é utilizado como recurso didático-pedagógico *“apostila, pincel, quadro, aula experimental e a tabela periódica”*, e quanto ao uso de recursos didáticos apropriados ao ensino de pessoa com DV, o professor afirma usar *“aula (áudio), experimento e tabela periódica em braile”*.

A adaptação de materiais e avaliações está em consonância com Mól (2019, p.119), pois *“a atuação docente se relaciona ao compromisso de prover diferentes contextos pedagógicos interativos de maneira intencional e*



planejada, contribuindo com o desenvolvimento individual e coletivo”, já que é papel do professor mediar as relações com aluno, e entre os alunos, para eles se apropriarem do conhecimento e modificar sua relação com a realidade.

Em continuidade, sobre o processo de avaliação do rendimento da turma o professor emprega “*avaliação impressa, experimental e oral*”, utilizando especificamente para o aluno cego, adaptação em braile e áudio, assim como a percepção por meio do tato em trabalhos experimentais, e diz que o aluno com DV tem rendimento escolar em química igual aos demais alunos da turma.

Por fim o professor regente, destacou que o aluno com DV foi muito ausente no ano letivo de 2022, isso dificultou a avaliação com mais assertividade sobre o rendimento do estudante.

O professor do AEE que faz o acompanhamento do aluno com DV, ressaltou que o estudante ainda se encontra aprendendo o braile, logo não domina leituras mais aprofundadas na língua citada, é realmente muito introvertido, o que o leva a dar poucas respostas mesmo sendo estimulado, existindo a probabilidade de o discente ter evoluído compulsoriamente até acessar o ensino médio.

Assim, a pesquisa perpassou pela observação sobre o fenômeno estudado, pois conforme Yin (2016) faz parte da pesquisa qualitativa conhecer a vida real daqueles que serão participantes da pesquisa, daí é possível começar a compreender o processo de ensino e aprendizagem onde estão inseridos.

Desta forma, foi ambiente da pesquisa uma escola pública da periferia da cidade de Macapá, a capital de estado do Amapá, situado na Amazônia, com as limitações de uma escola pública inserida nesta Região do Brasil. Os alunos ficam alocados em uma sala de aula climatizada, com boa iluminação e provida de quadro branco, cadeiras e mesas individuais para os estudantes, além de mesa e cadeira para o professor regente, porém sem nenhum equipamento de áudio ou vídeo para auxiliar na prática pedagógica do professor regente.

O objeto de conhecimento desenvolvido pelo professor regente foi a isomeria constitucional (plana), e durante as aulas expositivas dialogadas



desenvolvidas pelo docente foi observado que os alunos possuem um bom nível de compreensão dos conceitos de química orgânica, a conseguir, por exemplo: identificar classificação de cadeias carbônicas, fórmulas estruturais e moleculares, além de nomenclaturas. Registra-se também, que há alunos que não participam da aula, que pode ser por desconhecimento das habilidades que permeiam a compreensão da química orgânica, outros por introspecção diante da possibilidade de errar frente de seus pares, tudo por dedução do observador.

Do que se observou, em aula expositiva dialogada, os alunos se mantiveram com excelente atenção, o professor regente utilizou da técnica de repetição verbal e demonstração em escrita e desenhos de cadeias no quadro branco, considerando sempre o sentido de visão em duas dimensões (2D) dos compostos orgânicos, sem aplicar em aula nenhuma técnica ou direcionamento ao aluno cego, que é único, onde geralmente encontra-se como ouvinte, sentado ao centro da sala e a frente de seus colegas, inviabilizando, neste momento, inferir o nível de compreensão da química orgânica pelo aluno com DV.

A partir da análise do professor regente, do professor do AEE e do pesquisador, foi elaborado um protótipo de modelos táteis com as referidas sementes, para oportunizar o professor da turma pesquisada um contato direto com o artefato da modelagem, pois a expertise dele junto ao aluno com DV foi importante para o desenvolvimento dos próximos passos da pesquisa.

O momento de confecção do artefato é cercado de cuidados, pois é necessário atenção na escolha dos materiais e instrumentos de apoio, tal que eles ofereçam o menor risco possível de causar lesões aos estudantes, que futuramente terão que construí-los com as próprias mãos. Isto posto, foram escolhidos como materiais as sementes citadas e hastes de madeira para algodão doce, já como instrumento de apoio a confecção.

Em resumo, a confecção ocorre com a coleta das sementes, secagem ao sol, limpeza, raspagem e lixamento, seleção por tamanhos diferentes e perfuração respeitando algumas distâncias e posicionamentos que serão importantes, tanto para o encaixe das hastes cortadas em tamanhos diferentes



como a correspondência dos distanciamentos de nuvens e ângulos de geometria molecular.

Para tanto, fez necessário a opinião, do Professor Regente, sobre a viabilidade de aplicação de aula dirigida, com aplicação de uma ficha de avaliação baseada em problemas conforme Klein (2017), pelo professor regente.

Suas impressões foram boas e houve concordância dele, da positividade em aplicar a ficha aos alunos da turma dentro do tempo de uma aula, que na rede pública amapaense é de 50 minutos/aula. A avaliação indicou que os comandos escritos para cada situação problema estavam de acordo com a proposta da aula, incluindo a necessidade de os estudantes construïrem o modelo conforme descrito em um dos problemas da ficha de avaliação.

No entanto, surgiu uma observação importante, o aluno com DV enfrentou dificuldade com a leitura. Para superar esse desafio, houve necessidade de uma interação entre os estudantes da turma, para haver trabalho colaborativo, especialmente para descrição verbalizada aos colegas normovisuais e coleta das impressões e respostas do participante com DV.

O modelos moleculares (Figura 1) foram analisados e as impressões do professor foram coletadas em uma ficha de avaliação do modelo 3D, onde foi possível a manipulação de 2 modelos, um deles apenas com a contemplação espacial da geometria molecular de um carbono  $sp^3$ , denominado “modelo 1” (do lado esquerdo), e outro representando a estrutura molecular do (cis/trans)etanodiol, denominado “modelo 2” (lado direito).

**Figura 1** – Modelos utilizando as sementes



Fonte: Arquivo dos autores (2023).

Aqui o professor regente, contribuiu que é boa a ideia do sócio-interacionismo dos alunos para a produção dos modelos, sendo excelente a possibilidade de distinção dos átomos pelo tamanho das sementes e, também, excelente o tamanho dos modelos táteis, com dimensões que vão de aproximadamente 10 cm a 20 cm de comprimento, ao considerar medições lineares.

No processo de avaliação dos modelos, o avaliador, considerou “modelo 1” mas fácil de ser identificado, contribuindo criticamente para o desenvolvimento melhor das distâncias interatômicas do “modelo 2”, além de verbalizar se seria possível desenvolver, ou acrescentar outros materiais na representação das ligações, para poder representar melhor as repulsões das nuvens eletrônicas.

Ainda neste processo de avaliação, o professor regente relatou suas percepções mais específicas, considerando como ponto positivo “*que os modelos representam significativamente algumas moléculas simples que se deseja estudar*”, e como ponto negativo “*o tamanho dos átomos representados pelos caroços de tucumã podem ser muito próximos, dificultando a representação de algum modelo em que esses tamanhos tenham que ser muito diferentes*”, assim como sugeriu acrescentar algum tipo de textura para identificação de caroços com proximidade de tamanhos, com a intenção de facilitar a identificação de átomos diferentes pelo aluno cego.

Considerações importantes a esta etapa da execução do projeto de pesquisa, pois a expertise do professor nos aproxima da excelência que se pretende atingir neste processo de ensinar isomeria de forma inclusiva, acrescentando detalhes importantes não observados pelo pesquisador e, conseqüentemente pode gerar um resultado mais satisfatório a pesquisa, já que adaptação de materiais e avaliações está em consonância com Mól (2019, p.119) pois “a atuação docente se relaciona ao compromisso de prover diferentes contextos pedagógicos interativos de maneira intencional e planejada, contribuindo com o desenvolvimento individual e coletivo”

O professor, considerou o modelo próprio ao uso com isomeria, ressaltando que os modelos são muito próximos dos comerciais disponíveis, no



entanto a facilidade de encontrar o material alternativo e com fácil identificação tátil, torna o artefato citado neste trabalho atrativo. Todavia, ressaltou que: *“Com os alunos normovisuais essa percepção é significativa e facilitada. Já com o aluno cego seria necessário um letramento prévio”*, ou seja, quanto ao uso pelo estudante cego, é necessário ter o cuidado de fazer um trabalho de letramento científico diferenciado, para que a percepção do tato, seja equivalente a tradução de átomos, quanto ao tamanho atômico, posicionamento relativo a outros átomos, assim como possibilidades de geometrias a partir das valências atômicas.

O exposto anterior leva a uma reflexão a partir de Mantoan (2003, p.38) onde relata que *“as dificuldades e limitações são reconhecidas, mas não conduzem nem restringem o processo de ensino, como comumente se deixa que aconteça”*, pois é necessário atender às diferenças dos estudantes, rompendo com o ensino transmissivo, e tratar o ensino com uma pedagogia ativa, dialógica, interativa e integradora.

Consequente as considerações anteriores, o professor sobre a identificação de fórmulas moleculares pelos alunos, a partir do modelo 3D proposto foi que *“Sim, desde que os tamanhos e cores dos elementos que fazem parte de determinada molécula sejam padronizados previamente”*, explicita a opinião dele quanto a necessidade de criar um meio de padronizar e traduzir os significados de cada semente, quanto ao uso delas como representação atômica, em que relata que a quantidade de sementes deve ser mais abundante, com o objetivo de proporcionar amplitude representacional das moléculas orgânicas com ligantes poliatômicos, o que foi considerado pertinente e acatado, pois há moléculas complexas de enantiômeros e diastereoisômeros.

Daí o professor de química regente da turma enfatizou que os isômeros geométricos serão mais fáceis de representar pelos modelos citados, conforme o relato do docente: *“aqui cabe citar que compostos isômeros de ligação dupla podem ser bem explorados com esse tipo de material, com uma abordagem significativa de isômeros cis-trans e isômeros E/Z mais simples”*; isso tudo corrobora com Klein (2017) que relata o ensino de estereoquímica como muito



visual e devido a diversos conceitos e fenômenos que incorrem no comportamento espacial de uma molécula, requer a habilidade de compreender informações iniciais de representações para a compreensão de outros fenômenos, próprios que envolvem este ramo da química orgânica.

O Professor do AEE, também foi consultado, por meio de um instrumento de entrevista nos moldes aplicados ao Professor Regente.

O Professor do AEE considerou que a qualidade e tamanho dos modelos aplicados para a prototipação são bons, discorrendo sobre pontos positivos e negativos, com as suas palavras: *“Material utilizado acessível; material concreto facilitador a aprendizagem; apenas fazer ajustes nos tamanhos das sementes para facilitar a diferenciação entre elas, o uso de texturas diferentes também ajudaria neste processo, além da tábua com as legendas em braile”*.

Neste ponto relatado existe concordância com Mól (2019, p.80) referente a “utilização de tecnologias assistivas, a experimentação num enfoque multissensorial e a elaboração de materiais adaptados e modelos didáticos, que acabam por favorecer a aprendizagem de outros alunos”, refletindo uma preocupação com o ensino e a aprendizagem única entre alunos NV e com DV, princípio do ensino inclusivo.

Na continuação da avaliação, foi lhe perguntado da opinião ao uso dos modelos para o ensino de isomeria, e foi dada a resposta: *“Sim! Estes modelos possibilitam uma interação dos alunos com o conteúdo ensinado contribuindo com a compreensão das estruturas por todos, em especial dos alunos com DV”*.

A saber, as respostas quanto a possível percepção as diferenças entre isômeros, que o Professor respondeu: *“Sim, A maioria das estruturas são perceptíveis”*; porém com sua expertise em materiais adaptados, considerou: *“O uso de sementes em tamanhos um pouco mais diferentes e o uso de texturas para diferenciar melhor umas das outras. O uso de uma tábua com todos os componentes e suas respectivas legendas em braile, ajudaria na autonomia para os alunos com DV”*.



As opiniões e impressões deste profissional são importantes, pelo fato da sua vasta experiência com materiais e adaptações de materiais para o ensino dos estudantes com DV, e associada as considerações do Professores Regente, complementaram-se na condução da execução do trabalho de campo.

Segundo Mantoan, em desenvolvimento sobre a necessidade de formação continuada a profissionais do ensino,

Assim como qualquer aluno, os professores não aprendem no vazio. Por isso, a proposta de formação parte do “saber fazer” desses profissionais, que já possuem conhecimentos, experiências e práticas pedagógicas ao entrar em contato com a inclusão ou qualquer outra inovação educacional. (Mantoan, 2003, p.44)

Apesar de falar de formação continuada, remete ao fato que a soma das expertises, de um lado a competência e habilidades próprias à química, se complementam as competências e habilidades do dito ensino especial, para uma visão mais ampliada e tentar chegar ao ensino inclusivo de química orgânica, com ênfase nos objetos de conhecimento da isomeria.

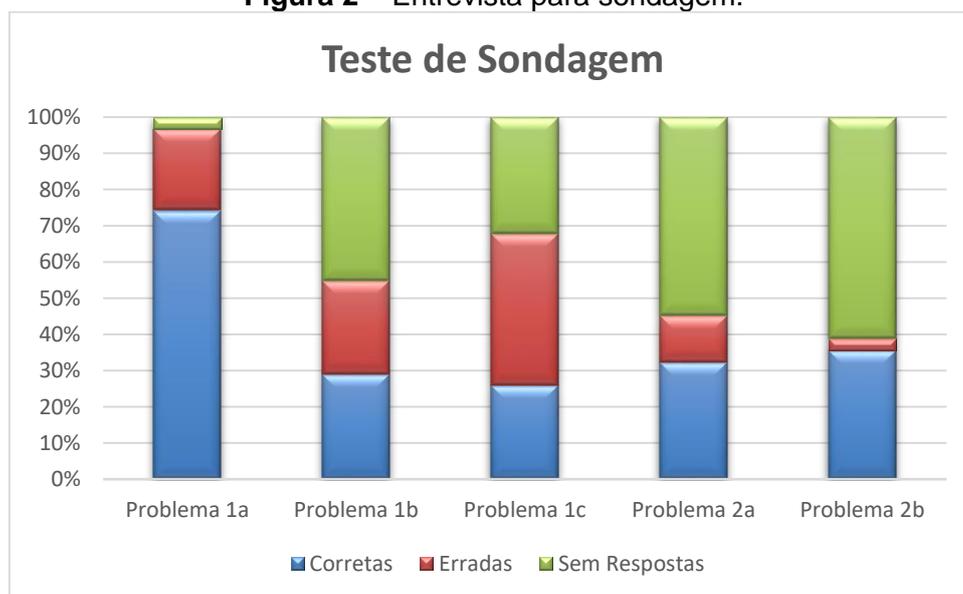
Desta forma, a observação ao fenômeno estudado já iniciada quando na entrevista com os Professores participantes, avançou aos discentes, com uma coleta de dados mais aprofundada, sobre como anda o aprendizado do objeto de conhecimento isomeria, com a aplicação de entrevista em formato de teste de sondagem, já que Yin (2016) destaca a importância de entrevistas e conversas para a percepção do estudo em loco, e acrescento a necessidade de vislumbrar o andamento da aprendizagem.

Finalizada a avaliação pelo professor regente e o professor AEE, e as melhorias dos modelos, seguiu para aplicação com a turma utilizando a intervenção com modelos em uma sequência didática.

De início, foi aplicado um teste de sondagem, para coletar dados, e analisá-los com efeito de balizamento para tomadas de decisão, com posterior efeito comparativo relativo à evolução do ensino e da aprendizagem, conforme figura 2.



**Figura 2 – Entrevista para sondagem.**



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Dessa forma, a partir de dois problemas, o primeiro com três itens e o segundo com dois itens, foi averiguado a aprendizagem dos estudantes participantes quanto aos conceitos mínimos, ou básicos, como giro livre no eixo da ligação, tipo de ligação química entre carbonos e átomos organógenos, condições para a ocorrência de estereoisomeria, leitura de fórmulas químicas (moleculares e estruturais), noção espacial, descrição de fórmulas com noção tridimensional.

A leitura quantitativa indica que os estudantes em maioria, próxima de 75%, conseguem distinguir que carbonos ligados por ligação simples, possuem giro livre, isso é importante, pois há uma impossibilidade de determinar o posicionamento de ligantes em carbonos diferentes, se estão no mesmo lado, ou em lados diferentes do plano de corte/simetria da molécula, fator predominante a identificação de isomeria espacial geométrica em cadeias carbônicas abertas.

No entanto, quando considerado o problema 1, item b, verifica-se uma total inversão de resultado, ou seja, aproximadamente 75% dos alunos desconhecem o fator de ocorrência da isomeria espacial geométrica em cadeias abertas, inclusive este resultado corrobora com os dados obtidos no item c, do mesmo problema, já que praticamente a mesma taxa de alunos não

conseguiu desenvolver fórmulas moleculares e estruturais das figuras utilizadas no problema 1.

Quando analisado os dados referentes ao problema 2 no, item a, é notório que os discentes em maioria, aproximada em 65%, não conseguem distinguir o que é carbono quiral, ou não conseguem identificá-lo em uma fórmula estrutural, com a mesma taxa há alunos que não conseguem replicar um desenho de bastão, ou bolas, que represente uma estrutura de molécula orgânica.

Logo, ascendeu a necessidade de mitigar o desentendimento entre conceitual e simbólico, para aplicação da modelagem, devido a necessidade do aporte de modelos mentais e descritivos para os estágios 1 e 2 da EBM, pois os estudantes têm que apresentar boa noção conceitual e representacional, especialmente sobre os estereoisômeros.

Para aplicação da intervenção foram ministradas 6 tempos de aulas, com duas aulas em cada semana no total de 100 minutos/semana, no intuito de mitigar as carências conceituais necessárias ao bom andamento da EBM proposta neste trabalho.

Em cada semana, ou 2 aulas, foram aplicados novos problemas, chamados de aula 3, aula 4 e aula 5, a fim de testar a aprendizagem após novas aulas expositivas, sem uso de artefatos físicos de modelos nas aulas 3 e 4, e com aplicação própria de EBM em todas as aulas.

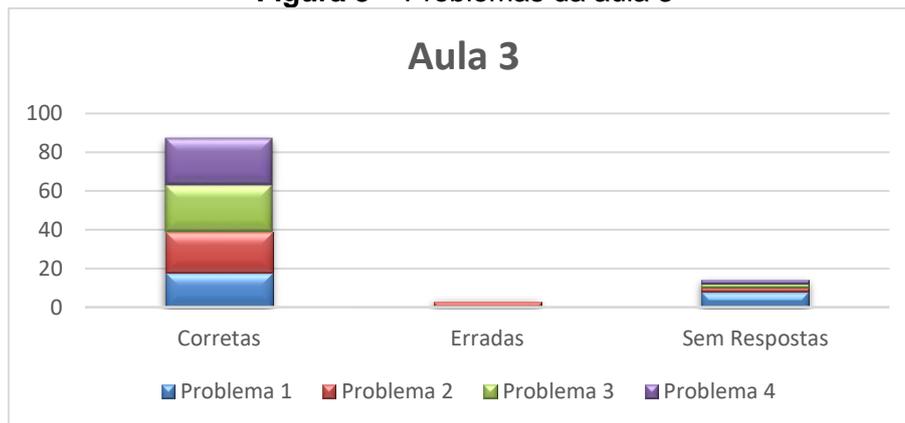
No decorrer da pesquisa, ao ministrar aula com ênfase ao objeto de conhecimento diastereoisômeros, também conhecidos como isômeros espaciais geométricos, foram abordados os conceitos como fator de ocorrência, tanto em cadeias carbônicas acíclicas, quanto em cíclicas, assim como a leitura de posição de ligantes iguais, e ligantes diferentes, importante a classificação deles em isômeros espaciais geométricos cis/trans ou E/Z.

Após aplicação de aula expositiva e dialogada, foi aplicado o instrumento de entrevista individual aos estudantes, aula 3, constando quatro problemas, abordando as habilidades: conceito, classificação, leitura e descrição de fórmulas químicas, aplicação de modelo mental.



Pode ser afirmado que a aula ministrada com uso da abordagem por problemas, preconizado por Klein (2016), surtiu efeito positivo na mitigação do processo de aproximação entre o ensino e a aprendizagem, pois os discentes somam aproximadamente 85% de respostas corretas, contra aproximados 2% de erradas e 13% sem respostas, conforme os dados obtidos nessa coleta, com os resultados expostos na figura 3.

**Figura 3 – Problemas da aula 3**



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2024)

Ainda assim, é perceptível que a compreensão conceitual (azul) e aplicação de classificação (laranja), foram os mais latentes quando a dificuldade de resolução dos problemas, mesmo com auxílio do Professor em sala de aula.

Mas temos uma quantificação importante analisada a qualificada, a leitura de fórmulas químicas (verde) e a construção de fórmulas (roxo), ou mapa mental traduzido em desenho, sobre os diastereoisômeros se demonstrou muito satisfatória, praticamente não impactou níveis SR, e não houve resposta E. Isso leva ao indicativo de ótima compreensão de aplicação do campo simbólico e representacional.

No entanto, não pode ser esquecido que o aluno cego, foi tratado igualmente seus pares, ou seja, foi fornecido a ele uma folha de problema, e como se tratava de uma atividade curricular individual, ele não foi ajudado por nenhum colega de turma. Todavia, o Professor Observador, resolveu então tomar notas o entrevistando verbalmente sobre os problemas, com SR obtido a todos, e anotado que ele não conseguiu compreender com exposição verbal da aula os conceitos dispostos na mesma.

Mas após uso alternativo de instrumentos como canetas e pincel para quadro branco, e tratamento individualizado pelo Professor Observador, o aluno com DV, conseguiu compreender as condições para a isomeria espacial geométrica ocorrer, esboçando um sorriso ao fim da aula.

Segue a pesquisa, para a aula 4, agora abordando o conceitual do objeto de conhecimento dos enantiômeros, também chamados de isômeros espaciais ópticos, por meio de aula expositiva dialogada, ministrada pelo Professor Observador, culminado na aplicação de entrevista com dois problemas, buscando as habilidades conceituais e classificatórias. Os dados obtidos, após tabulados conforme a figura 4, fundamentou a análise qualitativa.

**Figura 4 – Problemas da aula 4**



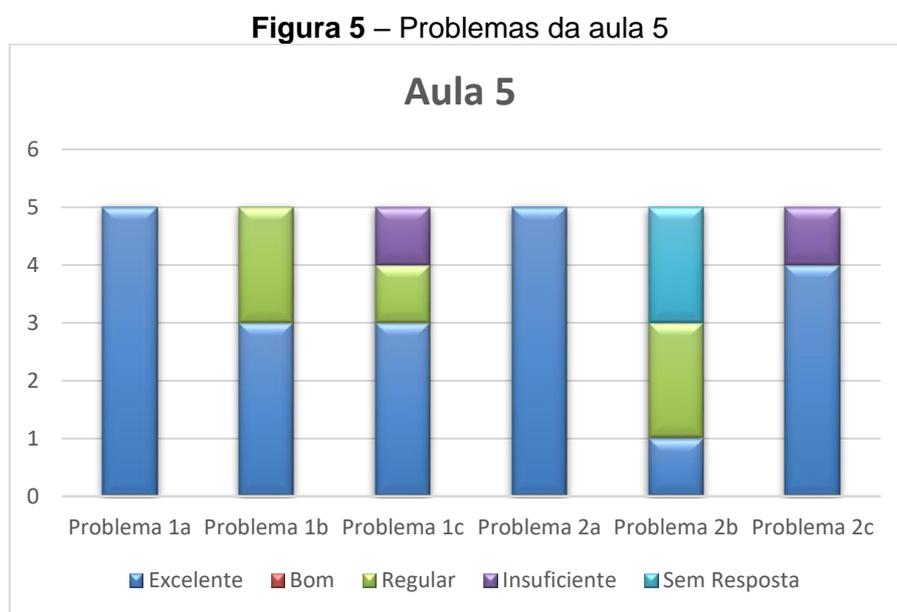
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Contudo chegamos ao ponto de culminância da EBM, com aplicação de problemas que levam a construção e manipulação dos modelos 3D por todos os estudantes, e para garantir a participação inclusiva, foram estipulados 5 grupos, em um deles estava o aluno com DV, isso também enfatizaria a sociointeração, misturando estudantes com maior facilidade de aprendizagem, com outros que sentiram mais dificuldade em desenvolver as habilidades congruentes ao objeto de conhecimento isomeria.

Portanto, a aula 5, foi desenvolvida diretamente com a construção dos modelos a partir dos kits, com aplicação de dois problemas, cada um com três etapas, onde primeiro os grupos deveriam montar uma estrutura com material dos modelos 3D correspondente a isômero, que em segunda etapa deveria ser

representada no papel a fórmula molecular e em terceira etapa desenhada a estrutura, ambas correspondentes ao modelo construído na primeira etapa.

Dessa forma, a partir da aplicação dos problemas e observação durante a atividade, foram coletados os dados e tratados conforme a figura 5, a seguir.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Durante a análise dos dados obtidos, foi perceptível a desenvoltura dos estudantes em trabalhar com os modelos 3D, esta constatação tem leitura gráfica nas colunas 1a e 2a, pois todos os grupos montaram e manipularam os modelos seguindo os critérios conceituais e classificatórios da isomeria.

Já a análise das etapa de escrita de fórmulas, plotado nas colunas 1b e 2b, foi percebido alguma dificuldade por determinados grupos ocasionando respostas excelentes e regulares em maioria, um reflexo positivo quando comparado com o momento inicial da EBM, na sondagem, além do que as respostas podem refletir um fracionamento de funções entre os integrantes do grupo, já que os alunos de ensino médio costumam estipular tarefas mais complexas aos colegas considerados com maior facilidade de aprendizagem.

Por fim desta análise dos dados referente a aula 5, a etapa de desenhar fórmulas estruturais, correspondente ao modelo 3D construído, exposto nas colunas 1c e 2c, apresentando o resultado em maioria excelente e regular, o que é positivo aos alunos normovisuais e ao aluno com DV, pois seu grupo não obteve nenhum dos resultados expresso como insuficiente.

Portanto, acreditamos que o resultado insuficiente aparente na análise gráfica, é proveniente da dificuldade de compreensão por uma parcela pequena dos estudantes normovisuais. Todavia, em comparativo com o teste de sondagem, houve significativo avanço positivo no quesito de aprendizagem nas habilidades de leitura e compreensão de fórmulas químicas, assim como do conceitual que envolve a estereoisomeria, pois não há respostas em grau insuficiente (roxo), aos itens a e b, nos dois problemas.

No mais, o grupo em que o aluno com DV estava participante, obteve rendimento excelente, nos itens 1a,1b, 1c, 2a e 2c, e regular somente no item 2b, o que consideramos como latente evolução positiva no aprendizado, envolvendo a sociointeração entre os alunos NV e com DV.

### **Considerações Finais**

A aplicação da sequência didática contribuiu para melhorar o desempenho da aprendizagem de conceitos de estereoisomeria, a partir do desenvolvimento do método de Ensino Baseado em Modelagem (EBM), com concepção, construção e manipulação de modelos 3D, com uso de sementes amazônicas, por estudantes normovisuais e com DV.

Com a abordagem por meio de Problemas geradores a luz de David Klein, para despertar o interesse e motivação durante as aulas, possibilitando desenvolver concepções mais coerentes e críticas a respeito da isomeria espacial.

Durante a pesquisa foi possível desenvolver um produto educacional, em forma de guia didático, desenvolvido em Sequência Didática com utilização de EBM, um método desenvolvido por Rosária Justi, em uma turma da 3ª série do Ensino Médio para o processo de ensino e aprendizagem de estereoisomeria, um objeto de conhecimento da Química Orgânica.

Os resultados obtidos no âmbito da pesquisa, confirmam a eficácia do método de ensino para alunos do ensino médio, que necessitam compreender a isomeria como objeto de conhecimento do componente química, dentro das ciências da natureza e suas tecnologias (CNT). A EBM funcionou



satisfatoriamente para o objetivo do projeto de pesquisa, e afirmou o bom uso de aulas inclusivas, na perspectiva do sociointeracionismo de Vygotsky.

Portanto, aplicar o uso de EBM com modelos 3D com sementes amazônicas, especialmente para o ensino de química orgânica no contexto Amazônico, favorece a expansão das possibilidades de aulas inclusivas, com sustentabilidade e regionalidade, na escolha de material adaptado e alternativo, podendo servir de inspiração aos professores dos outros componentes curriculares da área de Ciências Naturais e suas Tecnologias.

## Referências

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 8. ed. Eighth edition. New York: Routledge, 2018.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. 1st ed. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016.

JOHNSTONE, Alex H. **The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand**. Journal of Chemical Education n. 70, p.701-704, 1993.

KLEIN, D. **Química orgânica: uma aprendizagem baseada em solução de problemas**. 3ª ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** 1 ed. São Paulo, SP: Moderna, 2003.

MINAYO, M. C. S. (Org). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 21. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2002.

MÓL, G. (ORG.). **O ensino de ciências na escola inclusiva**. Campos dos Goytacazes: Brasil Multicultural, 2019.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. **A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos**. Química Nova na Escola, n. 23(3), p. 273-283, 2000.

PICHETH, S. F.; CASSANDRE, M. P.; THIOLENT, M. J. M. Analisando a pesquisa-ação à luz dos princípios intervencionistas: um olhar comparativo. **Educação**, v. 39, n. 4, p. 3, 31 dez. 2016.



POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed 2009.

SILVA, R. S. F. (ET AL). **Química orgânica**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**/ trad. Daniel Grassi - 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**/ trad. Daniel Bueno – Porto Alegre: Penso, 2016.

### **Sobre os Autores**

#### **Amauri Rodrigues de Carvalho**

amaurircarvalho@gmail.com

Mestrando em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia dentro da linha de pesquisa de Estratégias de Ensino, pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Licenciado Pleno em Ciências Naturais com Habilitação em Química, pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professor Efetivo da Secretaria de Estado da Educação (SEED) no Estado do Amapá.

#### **Ronilson Freitas de Souza**

ronilson@uepa.br

Doutor em Química Orgânica pelo PPGQ da Universidade Federal do Pará. Atualmente é professor do Departamento de Ciências Naturais da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professor do Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA). Tem experiência na área de Química e Ensino de Ciências.

