

HABILIDADES DE VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM UMA ATIVIDADE DE MODELAGEM 3D

Spatial visualization skills of high school students in a 3D Modeling activity

Fabiana Andrade

Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET/RJ)

fabiana.andrade@cefet-rj.br

Yan Pacheco

Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET/RJ)

yan.barbado@aluno.cefet-rj.br

Resumo

A visualização espacial é uma habilidade cognitiva essencial que permite compreender e interpretar o mundo tridimensional ao nosso redor. É uma competência fundamental em diversas áreas, como Matemática, Engenharia, Arquitetura e Design. No contexto educacional, o desenvolvimento da visualização espacial tem se mostrado um desafio, principalmente para estudantes do Ensino Médio. Nesse sentido, o uso de tecnologias educacionais tem se destacado como uma estratégia promissora para auxiliar no desenvolvimento dessa habilidade. Esse artigo visa descrever algumas habilidades de visualização espacial que estão presentes em uma atividade que utilizou o *Tinkercad*, uma ferramenta de modelagem 3D online e gratuita, que pode contribuir para que os estudantes explorem a criação e a manipulação de objetos tridimensionais de forma interativa e intuitiva. Os dados coletados foram as gravações de telas de três estudantes que participaram da atividade, e os eventos críticos foram categorizados e analisados à luz do referencial teórico. Os principais resultados indicam que os aspectos dinâmicos da modelagem 3D e a natureza da atividade contribuíram para identificação de diversas habilidades de visualização espacial.

Palavras-chave: Visualização espacial, Modelagem 3D, *Tinkercad*, Ensino de Geometria, Cultura Maker.

Abstract

Spatial visualization is an essential cognitive skill that allows individuals to understand and interpret the three-dimensional world around them. It is a fundamental ability in several fields, such as Mathematics, Engineering, Architecture, and Design. In the educational context, the development of spatial visualization has proven to be a challenge, especially for high school students. In this regard, the use of educational technologies has emerged as a promising strategy to support the development of this skill. This article aims to demonstrate some spatial visualization skills that are present in an activity using *Tinkercad*, a free online 3D modeling tool that allows students to explore the creation and manipulation of three-dimensional objects in an interactive and intuitive way, thereby fostering the development of spatial visualization abilities. The data collected consisted of screen recordings of three students who participated in the activity, and critical events were categorized and analyzed in light of the theoretical framework. The main results indicate that the dynamic aspects of 3D modeling and the nature of the activity contributed to the identification of several spatial visualization abilities.

Keywords: Spatial visualization, 3D Modeling, *Tinkercad*, Geometry Teaching, Maker Culture.

INTRODUÇÃO

A dificuldade em estabelecer a visualização espacial de sólidos geométricos para os discentes pode impulsionar os professores que ensinam matemática a procurarem novas abordagens pedagógicas que visam favorecer o processo educativo, tornando-o mais atrativo e eficaz. O desenvolvimento de uma Cultura Maker nas escolas pode desempenhar um papel fundamental nesse processo, pois essa abordagem desenvolve a criatividade e o pensamento crítico, ao proporcionar aos estudantes um ambiente propício para explorar e aplicar seus conhecimentos de forma prática.

No contexto específico dos alunos de um curso de Ensino Médio integrado ao Técnico em Mecânica Industrial, a Cultura Maker assume ainda mais importância. Os estudantes dessa área são frequentemente expostos a disciplinas teóricas e conceituais, nas quais a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos se torna importante no contexto da Educação Profissional e Tecnológica. Através das possibilidades que uma das áreas da Cultura Maker pode trazer, a modelagem 3D, os alunos podem ter a oportunidade de colocar em prática os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula, de forma a criar mais conexões entre a teoria e a prática.

A Cultura do “aprender fazendo” é baseada no Construcionismo de Papert (2007), que indica que a aprendizagem ocorre quando os alunos constroem objetos, sendo ativos nesse processo. Portanto, o presente artigo tem como propósito apresentar o uso do *Tinkercad*, uma ferramenta online e gratuita, para favorecer a aprendizagem em Geometria, bem como identificar e descrever as habilidades de visualização espacial (Gutiérrez, 1996) reveladas pelos alunos por meio de sua utilização.

O *Tinkercad* é uma plataforma online gratuita, abrangente e intuitiva que possibilita a criação de modelos 3D por meio da manipulação e combinação de formas. Além disso, conta com uma comunidade ativa, na qual os usuários podem compartilhar seus projetos para edição e impressão por outros indivíduos (Lorenzo Fernández, 2019).

Diversos estudos anteriores exploraram o uso de *softwares* de modelagem no ensino de geometria, abordando diferentes enfoques. Por exemplo, um estudo realizado por Cadena-Blando, Arias-Rueda e Arias-Rueda (2022) investigou a utilização do *Tinkercad* como uma ferramenta de modelagem 3D no processo de criação de acessórios personalizados, incorporando os princípios do *Design Thinking*. Outra pesquisa, conduzida por Tirado Jiménez (2022), explorou a integração da disciplina de educação plástica e visual com programação anual, com o

objetivo de envolver os estudantes com ferramentas tecnológicas, como o *Tinkercad* e a Realidade Aumentada. Essas abordagens demonstram o potencial dessas ferramentas para promover a criatividade, o aprendizado interdisciplinar e a incorporação de tecnologias inovadoras no ensino de geometria.

No entanto, uma das contribuições desta pesquisa é a utilização da Cultura Maker como uma motivação no processo educativo. Nossa proposta é desenvolver algumas habilidades geométricas e aprimorar a noção de visualização espacial dos estudantes de maneira prazerosa e criativa, tornando-os autônomos e capazes de criar seus próprios projetos, que poderão ser concretizados por meio da impressão 3D.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico para este estudo é fundamentado nas contribuições de Gutiérrez (1996), que discute a importância do desenvolvimento de habilidades espaciais na Educação Matemática. Para ele, a visualização espacial desempenha um papel fundamental no aprendizado de geometria e é essencial para o desenvolvimento da compreensão dos sólidos geométricos. O autor (*ibid.*) destaca várias habilidades importantes no processo de visualização espacial, como: a percepção figura-fundo, constância perspectiva, rotação mental, percepção de posições espaciais, percepção das relações espaciais e discriminação visual:

- Percepção figura-fundo: A capacidade de identificar uma figura específica isolando-a de um fundo complexo.
- Constância perceptiva: A capacidade de reconhecer que algumas propriedades de um objeto (real ou em uma imagem mental) são independentes de tamanho, cor, textura ou posição, e permanecem sem confusão quando um objeto ou imagem é percebido em diferentes orientações.
- Rotação mental: A capacidade de produzir imagens mentais dinâmicas e de visualizar uma configuração em movimento.
- Percepção de posições espaciais: A habilidade de relacionar um objeto, imagem ou imagem mental para si mesmo.
- Percepção das relações espaciais: A capacidade de relacionar vários objetos, imagens e/ou imagens mentais entre si, ou simultaneamente consigo mesmo.
- Discriminação visual: A capacidade de comparar vários objetos, imagens e/ou imagens mentais para identificar semelhanças e diferenças entre eles. (Gutiérrez, 1996, p. 10).

Essas habilidades permitem que os alunos compreendam a forma, a estrutura e as relações nos sólidos geométricos, facilitando a resolução de problemas e a análise de objetos tridimensionais.

De acordo com Zimmermann e Cunningham (1991, p.3), a visualização pode ser entendida como “o contexto em que ocorre a interação entre imagens mentais e representações

externas”. Essa compreensão mais ampla do conceito permite explorar diversas formas de visualização na matemática, não se limitando apenas a imagens pictóricas. As imagens mentais podem ser originadas a partir de informações textuais, símbolos, diagramas, e outras formas visuais de representação de conceitos matemáticos. Essa abordagem possibilita que os alunos desenvolvam habilidades de visualização espacial de forma mais abrangente, e permite a utilização de diferentes recursos para compreender e resolver problemas matemáticos.

Segundo Gutiérrez (1996), no período entre os anos de 1960 até o início de 1970, o pensamento espacial era amplamente fundamentado em conceitos geométricos provenientes de áreas como Geometria, Geografia e Artes. Entretanto, a partir de 1996, observou-se um avanço na abordagem do pensamento espacial, com a incorporação de outros elementos relevantes advindos de diversas áreas da Matemática, como Cálculo, Álgebra e Estatística. Essa revolução trouxe maior riqueza e diversidade de recursos para a compreensão e desenvolvimento das habilidades de visualização espacial, permitindo aos estudantes explorarem diferentes perspectivas e abordagens matemáticas para resolver problemas e visualizar fenômenos de forma mais abrangente e precisa. Ao explorar os desdobramentos do trabalho de Gutiérrez (1996), é possível compreender que o desenvolvimento dessas habilidades espaciais pode ser alcançado por meio de estratégias pedagógicas eficazes, como a utilização de recursos tecnológicos. Nesse contexto, destaca-se a relevância do uso de softwares de modelagem 3D, como o *Tinkercad*, que possibilitam aos alunos manipularem virtualmente os sólidos geométricos, facilitando a sua visualização e compreensão.

PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa é de natureza qualitativa e do tipo descritiva. O objetivo principal da pesquisa qualitativa é explorar significados, experiências, percepções e processos subjacentes, ao buscar uma compreensão aprofundada dos fenômenos estudados. Laville e Dionne (1999), destacam a importância das abordagens qualitativas para explorar a complexidade e a riqueza dos dados, e permite a compreensão das nuances de sentido e das relações entre os elementos do conteúdo analisado, aspectos que não podem ser adequadamente capturados apenas por meio de medidas quantitativas.

A pesquisa caracteriza-se como descritiva, pois tem como objetivo identificar e descrever as habilidades de visualização espacial manifestadas pelos estudantes durante a realização da atividade de modelagem 3D, para compreender como esse fenômeno ocorre no contexto investigado, o que está em consonância com estudos descritivos que se dedicam a retratar e interpretar características de determinado fenômeno educacional a

partir de dados empíricos coletados em seu contexto natural (Creswell, 2014).

Para este estudo, foram realizadas duas oficinas de modelagem e impressão 3D em dias distintos, com o propósito de reunir alunos do 1º ano do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Mecânica Industrial de uma instituição de ensino pública da rede federal, localizada no município de Itaguaí - RJ. Apesar de estarem matriculados em disciplinas relacionadas à mecânica industrial, todos os participantes afirmaram nunca ter tido contato com ferramentas de modelagem 3D e desconheciam o conceito de Cultura Maker. As duas oficinas, somadas, reuniram 12 alunos, de forma que as gravações de tela de três alunos foram objeto de análise para a pesquisa. O software de modelagem 3D *Tinkercad* foi adotado como a principal ferramenta para a realização das atividades. As sessões ocorreram no Laboratório Maker da instituição, o qual oferece infraestrutura adequada para a utilização dessa tecnologia.

A metodologia de coleta e análise de dados foi inspirada em Powell, Francisco e Maher (2004), que consiste em gravar as telas, descrever os dados, identificar eventos críticos e transcrever. De acordo com os autores, um evento crítico se refere a uma mudança significativa ou contrastante em relação a uma compreensão prévia, representando um salto conceitual ou uma ruptura com uma concepção anterior. Esses momentos contrastantes têm a capacidade de confirmar ou contradizer hipóteses de pesquisa, refletindo vitórias cognitivas, conflitos de esquemas ou generalizações ingênuas. Em essência, os eventos críticos são eventos que possuem relevância para a agenda de pesquisa, podendo ser analisados e conectados a partir de sequências de eventos críticos e utilizando técnicas como comparações constantes.

Para registrar o processo de modelagem, foi utilizada a extensão do navegador *Chrome Screen Recorder*, que possibilitou a gravação das ações realizadas pelos alunos na tela do computador e a captação do áudio. Com o intuito de assegurar que a oficina fosse adequadamente estruturada para viabilizar a modelagem de objetos de forma autodidata e construção das habilidades de visualização, ela foi dividida em etapas com a finalidade de abordar elementos essenciais de contextualização teórica e fundamentação prática.

Desse modo, foram estabelecidas as seguintes etapas, como ilustrado no Quadro 1:

Quadro 1: Momentos e suas descrições de forma cronológica

Momento	Descrição
1	Conceituação sobre Cultura Maker e Histórico do Movimento Maker no mundo e no Brasil.

2	Explicação do que é modelagem e do funcionamento de uma impressora 3D FDM.
3	Criação de Conta no <i>Tinkercad</i> e explicação das principais ferramentas.
4	Modelagem de dois objetos: uma caneca e um “sorvete de casquinha”.
5	Desafio de construir um boneco de neve.

Fonte: Autores

Após a conclusão da oficina, os alunos foram incentivados ao desafio de construir um boneco de neve (momento 5) em um período de 40 minutos. Nesse desafio, não foram fornecidos modelos padronizados ou características específicas, deixando-os inteiramente livres para conceber e criar o objeto de acordo com sua própria imaginação. Os momentos foram analisados e os eventos críticos foram categorizados de acordo com a habilidade de visualização espacial (Gutiérrez, 1996), o que permitiu melhor compreensão do desenvolvimento dessas habilidades pelos estudantes. Cada registro foi acompanhado por uma figura, que ilustra o antes e o depois da ação que representa a habilidade específica observada.

RESULTADOS E ANÁLISES

Nesta seção, apresentamos os principais momentos em que as habilidades de visualização espacial foram identificadas nas tarefas realizadas pelos estudantes Gabigol, Joaozinho e Maria¹, conforme definido por Gutiérrez (1996). Essas tarefas foram escolhidas baseadas na riqueza de elementos para análise e de acordo com Powell, Francisco, Maher (2004). Vale ressaltar que, para facilitar a apresentação, serão exemplificados apenas alguns eventos críticos em que essas habilidades se manifestaram. É importante destacar que, em algumas situações, mais de uma habilidade pode estar presente simultaneamente. Porém, para cada exemplo, será escolhida uma habilidade específica para ilustrar determinada situação. Além disso, cada exemplo será acompanhado por uma tabela com as visualizações de antes e depois das modificações, com o intuito de facilitar a compreensão das transformações observadas nas gravações das telas.

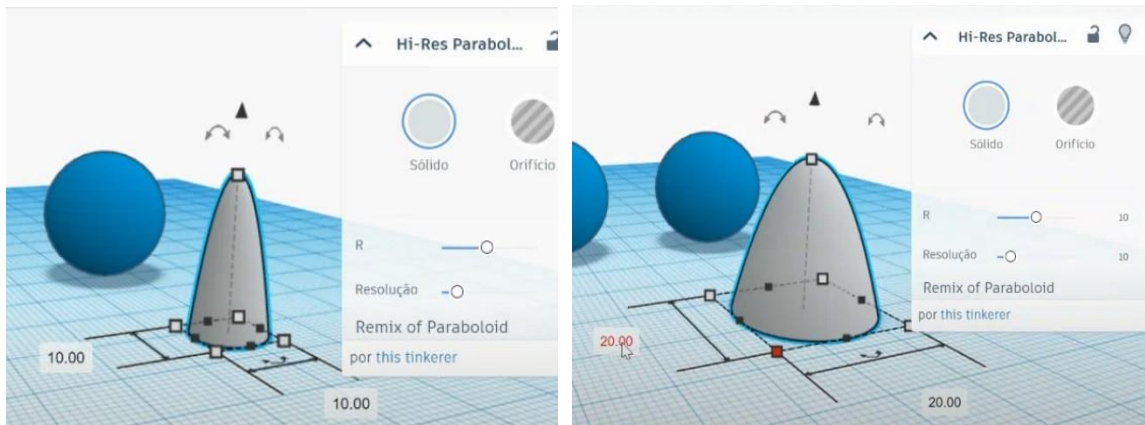
Constância Perceptiva

Essa habilidade, que consiste em reconhecer que algumas propriedades de um objeto (real ou em uma imagem mental) são independentes de tamanho, cor, textura ou posição, e permanecem sem confusão quando um objeto ou imagem é percebido em diferentes orientações (Gutiérrez, 1996). Ela foi identificada nos momentos descritos na sequência:

¹ Os nomes dos estudantes foram substituídos para manter o anonimato.

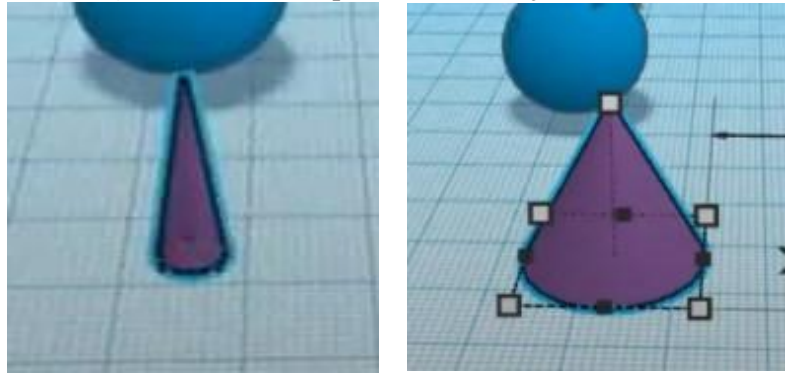
Após selecionar duas esferas e um parabolóide, Gabigol demonstra sua habilidade de constância perceptiva ao iniciar a modificação das dimensões do parabolóide visando criar o nariz do boneco de neve, como ilustra a Figura 1. Essa habilidade permite que ele perceba e mantenha a compreensão da forma geral do parabolóide, mesmo ao realizar alterações em suas dimensões. Ao utilizar a ferramenta de edição, o aluno realiza ajustes precisos para modelar o nariz, mantendo uma percepção constante da forma e proporção do objeto em seu processo de criação.

Figura 1: Antes e depois da modificação no parabolóide.



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao escolher um cone entre todas as opções de formas disponíveis no *Tinkercad*, Joãozinho utiliza sua habilidade de constância perceptiva quando decide alterar as dimensões do cone, reduzindo o diâmetro da base para transformá-lo em um nariz para o boneco de neve, conforme Figura 2. Ao diminuir o diâmetro da base, o aluno cria uma proporção entre altura e largura do cone, permitindo que a forma se torne semelhante à imagem mental criada por ele para esse propósito. Essa habilidade de constância perceptiva permite que ele compreenda a forma geral do objeto e faça ajustes para atender ao propósito desejado, garantindo que o nariz do boneco de neve seja identificado com uma aparência semelhante a uma cenoura.

Figura 2: Antes e depois da modificação no cone

Fonte: Autores.

Os alunos Gabigol e Joãozinho demonstraram a habilidade de constância perceptiva com o mesmo objetivo, mas utilizando formas diferentes durante a criação dos bonecos de neve no *Tinkercad*. Ambos utilizaram essa habilidade para manter uma percepção consistente das formas e proporções dos objetos, mesmo ao realizar alterações em suas dimensões. Já Maria preferiu utilizar acessórios e formas prontas disponíveis na plataforma para construir grande parte dos detalhes de seu boneco. Vale ressaltar que a plataforma desenvolveu um papel significativo por meio de uma interface interativa e visualmente intuitiva, o que permite que os estudantes realizem modificações nas formas e dimensões dos objetos de forma precisa.

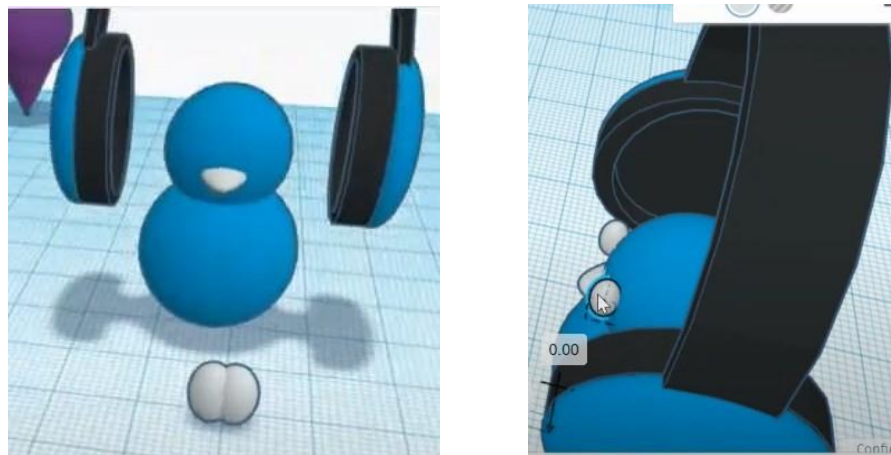
Rotação Mental

Essa habilidade refere-se à capacidade de criar imagens mentais dinâmicas e visualizar uma configuração em movimento (Gutiérrez, 1996). Trata-se da habilidade de manipular mentalmente objetos ou formas tridimensionais, girando-os mentalmente em diferentes direções e perspectivas. Por meio da rotação mental, é possível formar uma representação mental do objeto em diferentes posições e ângulos, mesmo sem que o objeto esteja fisicamente presente. Essa habilidade permite que sejam feitas avaliações, planejamentos e tomadas de decisão com base nas imagens mentais geradas, o que facilita a compreensão da relação entre os elementos e a visualização das configurações espaciais. Durante o desafio, essa habilidade apareceu nos momentos descritos na sequência:

Gabigol demonstra sua habilidade de rotação mental ao realizar uma rotação no

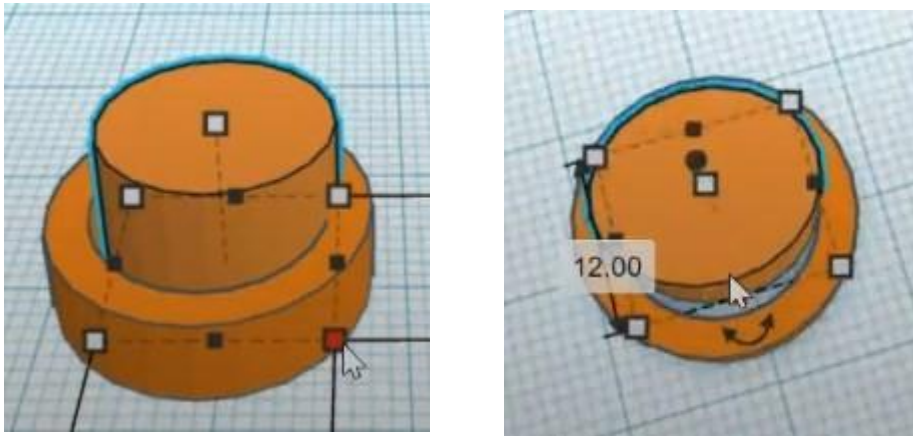
plano, projetando a lateral do boneco de neve para frente dele, conforme ilustra a Figura 3. Essa ação evidencia a sua capacidade de visualizar mentalmente a posição e a aparência do objeto a partir de diferentes perspectivas. Ao girar o plano, ele obtém uma visão lateral do boneco de neve em construção, o que permite avaliar com precisão o local adequado para posicionar os olhos. Essa habilidade de rotação mental é fundamental para a criação e a visualização tridimensional do boneco, o que faz com que ele tome decisões informadas sobre o posicionamento dos elementos em sua modelagem.

Figura 3: Antes e depois da rotação do boneco de neve para posicionar os olhos.



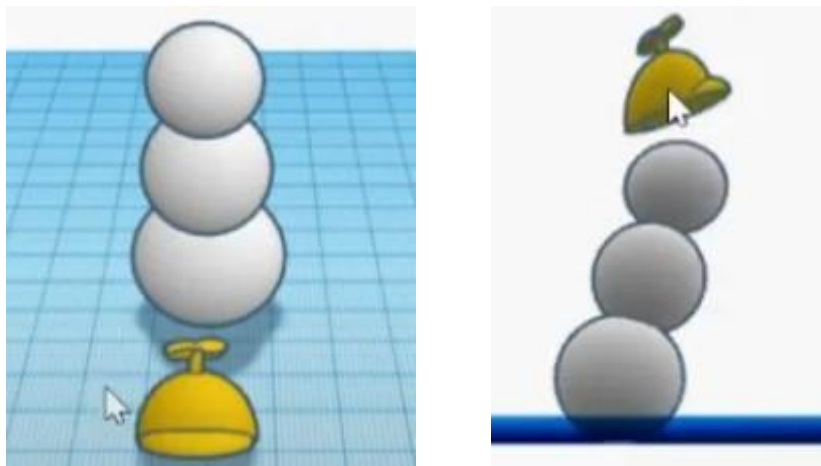
Fonte: Autores.

Durante a atividade, Joãozinho demonstra sua habilidade de rotação mental ao realizar uma rotação no plano de trabalho, conforme a Figura 4. Ele parte de uma vista isométrica e, em seguida, muda para uma vista superior, com o objetivo de corrigir uma falha na dimensão central do elemento que compõe o chapéu. Essa habilidade de rotação mental permite que Joãozinho visualize e analise a estrutura tridimensional do chapéu de diferentes perspectivas, possibilitando uma compreensão mais clara de sua forma e proporção. Ao realizar essa rotação mental, o aluno é capaz de identificar a discrepância na dimensão central e tomar as medidas necessárias para corrigir a falha, garantindo a harmonia e a precisão do chapéu do boneco de neve.

Figura 4: Antes e depois da rotação do chapéu do boneco de neve.

Fonte: Autores.

Inicialmente, Maria coloca o chapéu em uma altura aproximada da cabeça do boneco e, em seguida, realiza uma rotação na visualização, passando de uma vista isométrica para a lateral esquerda do boneco, conforme ilustra a Figura 5. Ao fazer essa rotação, a aluna é capaz de visualizar o boneco de neve através de uma perspectiva diferente e identificar a distância que falta para posicionar o chapéu corretamente em cima da cabeça. Essa ação só foi possível, pois a Maria precisou imaginar possíveis soluções para resolver o problema da distância entre o chapéu e a cabeça do boneco de neve, revelando que ela imaginou qual seria a visualização antes de realizar e assim demonstrando a habilidade de rotação mental.

Figura 5: Antes e depois da rotação do boneco de neve para posicionar o chapéu.

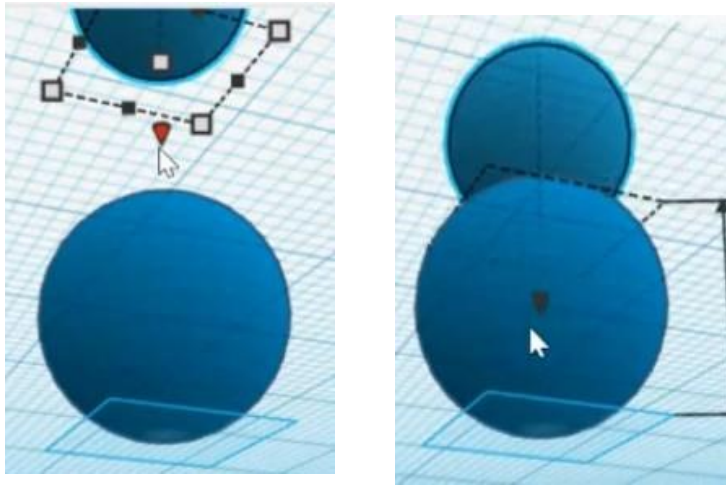
Fonte: Autores.

Através das funcionalidades presentes na plataforma, que permitem a rotação do plano de trabalho em todas as três dimensões, os estudantes são capazes de visualizar suas construções a partir de diferentes perspectivas. Essa capacidade de rotação mental é essencial para ajustar as criações de acordo com as imagens mentais que foram formadas durante o processo de modelagem. Além disso, a facilidade com que as formas e o plano podem ser rotacionados no *Tinkercad* permite que os alunos resolvam problemas de alinhamento que não seriam percebidos sem essa funcionalidade. Dessa forma, o *Tinkercad* se mostra uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento da habilidade de rotação mental, proporcionando uma experiência interativa, de forma a facilitar o aprimoramento das criações dos modelos dos estudantes.

Percepção das relações espaciais

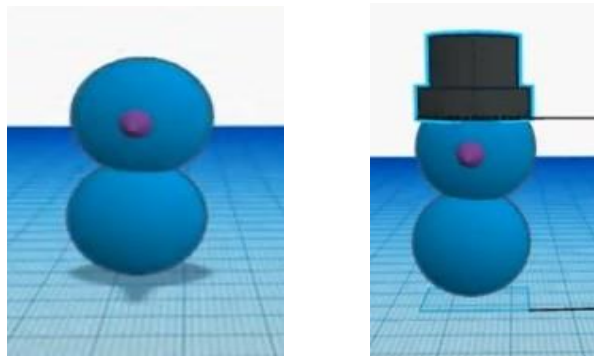
A habilidade de percepção das relações espaciais refere-se à capacidade de relacionar vários objetos, imagens e/ou imagens mentais entre si, ou simultaneamente consigo mesmo (Gutiérrez, 1996). Essa habilidade envolve a compreensão das relações espaciais, tais como posição, orientação, distância e interação entre os elementos em um contexto tridimensional. Por meio da percepção das relações espaciais é possível visualizar mentalmente a disposição e as interconexões entre os elementos, permitindo a compreensão da organização e da estrutura do espaço. Essa habilidade desempenha um papel fundamental na interpretação e na compreensão de informações visuais, o que contribui para a formação de representações mentais claras e precisas do ambiente espacial em questão. Durante o desafio, essa habilidade apareceu nos momentos descritos na sequência:

Ao selecionar duas esferas e posicionar uma em cima da outra, Gabigol demonstra sua habilidade de percepção das relações espaciais, conforme a Figura 6. Essa habilidade permite que ele reconheça e compreenda a relação de posicionamento entre as esferas, identificando a sobreposição necessária para construir o corpo do boneco de neve. O aluno é capaz de visualizar e entender como os objetos se relacionam espacialmente, percebendo a necessidade de alinhar as esferas verticalmente para criar a estrutura desejada. Essa habilidade de percepção das relações espaciais permite que ele estabeleça uma representação mental clara do objeto em seu ambiente tridimensional, facilitando a construção e a manipulação dos elementos com base na compreensão das relações espaciais envolvidas.

Figura 6: Antes e depois das manipulações realizadas para formar o corpo do boneco.

Fonte: Autores.

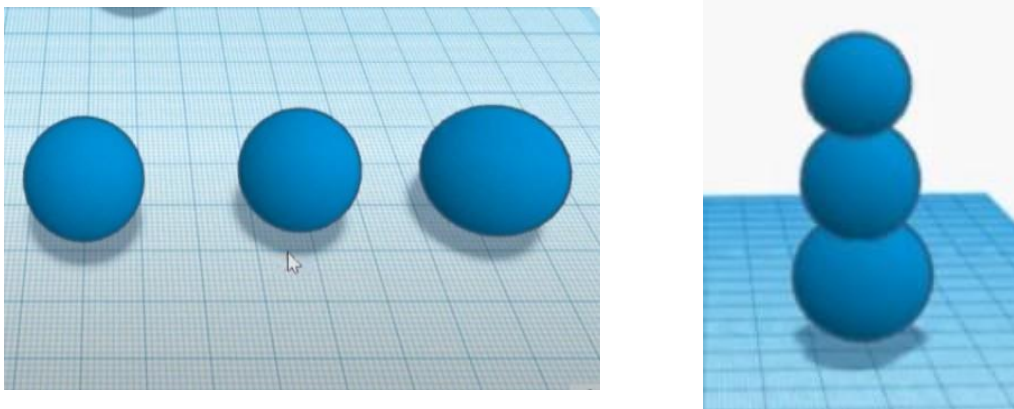
Ao montar o chapéu, Joãozinho precisa o posicionar corretamente na cabeça do boneco de neve. Para isso, ele utiliza sua habilidade de percepção das relações espaciais. Joãozinho coloca o chapéu no mesmo espaço ocupado pelo corpo do boneco de neve e, em seguida, afasta a base do chapéu do plano até que este fique na mesma altura que a cabeça, posicionando-o sob ela, conforme a Figura 7. Essa habilidade de percepção das relações espaciais permite que Joãozinho avalie e compreenda a relação de posição e alinhamento entre o chapéu e a cabeça do boneco. Ele é capaz de visualizar mentalmente a configuração espacial e tomar as medidas necessárias para posicionar o chapéu de forma adequada, garantindo uma aparência harmoniosa e realista para o boneco de neve. Essa habilidade é fundamental para a criação e a organização espacial dos elementos na construção tridimensional.

Figura 7: Manipulações realizadas para colocar o chapéu na cabeça do boneco.

Fonte: Autores.

Maria demonstra sua habilidade de percepção das relações espaciais ao perceber que para construir o corpo do boneco de neve a mesma precisa posicionar três esferas no plano de trabalho e em seguida empilhá-las, como ilustra a Figura 8. Ao posicionar as esferas uma em cima da outra, a aluna utiliza sua esta habilidade para avaliar a distância, a altura e o alinhamento entre as esferas, garantindo que elas se encaixem adequadamente para criar a estrutura básica do corpo do boneco de neve.

Figura 8: Antes e depois do posicionamento das esferas para formar o corpo do boneco de neve



Fonte: Autores.

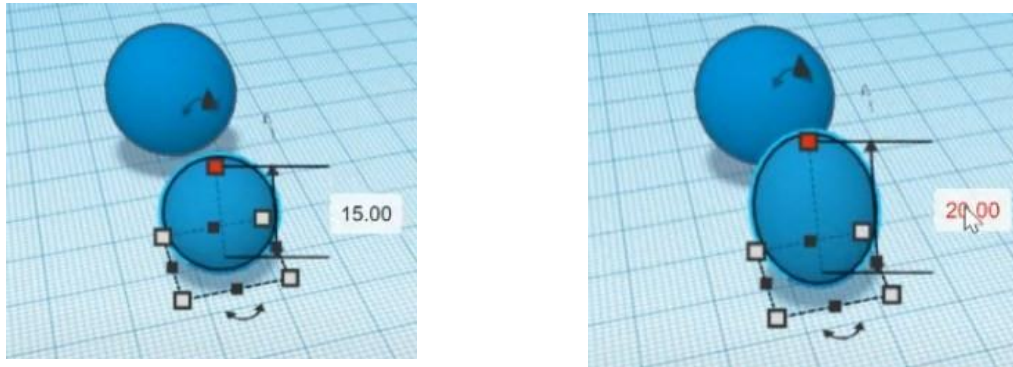
Discriminação Visual

A habilidade de discriminação visual refere-se à capacidade de comparar vários objetos, imagens e/ou imagens mentais para identificar semelhanças e diferenças entre eles (Gutiérrez, 1996). Essa habilidade envolve a percepção e a análise visual de características específicas, como forma, tamanho, cor, textura e detalhes, a fim de discernir as particularidades de cada elemento. Por meio da discriminação visual, é possível distinguir e reconhecer as sutilezas e nuances presentes nos objetos ou imagens, permitindo uma compreensão mais precisa das características distintivas de cada elemento. Essa habilidade desempenha um papel crucial na interpretação visual, na categorização e na comparação de informações visuais, contribuindo para a identificação de padrões, relações e detalhes que podem influenciar a compreensão e a análise de um contexto visual. Durante o desafio, essa habilidade apareceu nos momentos descritos na sequência:

Ao alterar as dimensões de uma das esferas para torná-la menor e criar a cabeça do boneco de neve, Gabigol demonstra sua habilidade de discriminação visual, conforme a Figura 9. Essa habilidade permite que ele perceba as diferenças de tamanho entre as esferas e faça ajustes

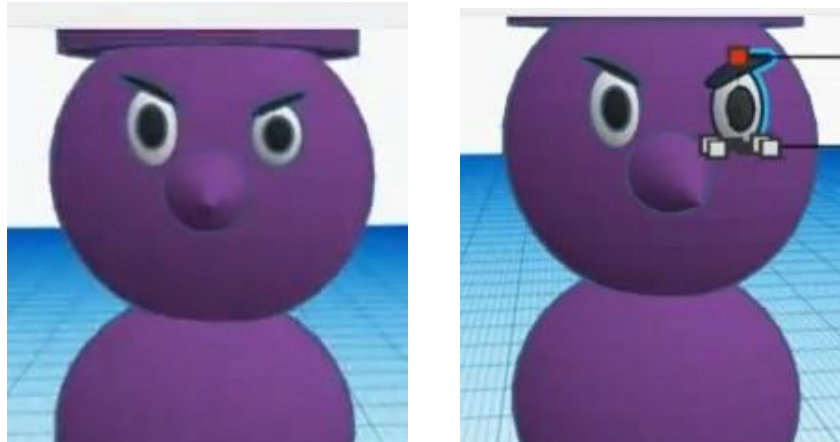
precisos para alcançar o resultado desejado. O aluno é capaz de analisar visualmente as características das esferas, como forma e proporção, e discriminar as diferenças necessárias para criar uma cabeça em escala adequada em relação ao corpo. Essa habilidade de discriminação visual é essencial para a construção de objetos tridimensionais, pois permite ao indivíduo identificar e distinguir detalhes visuais sutis, auxiliando na tomada de decisões e na obtenção do resultado estético desejado.

Figura 9: Antes e depois das manipulações realizadas na esfera.



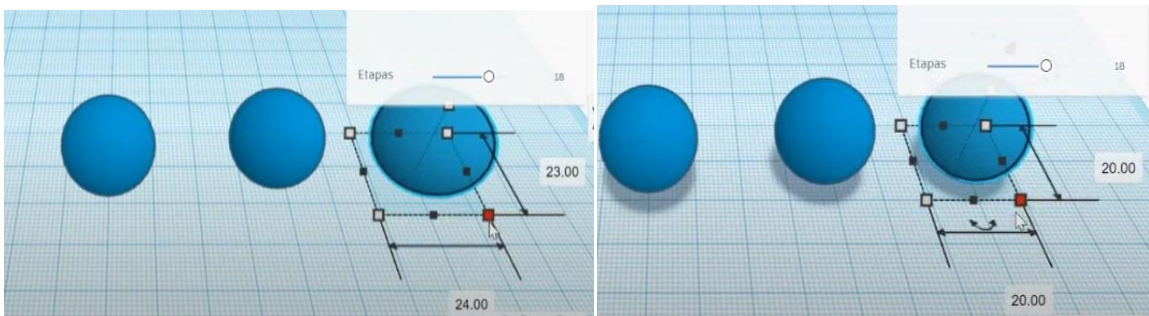
Fonte: Autores.

Ao decidir utilizar dois olhos prontos disponíveis no *Tinkercad* e posicioná-los onde desejava, Joãozinho demonstra sua habilidade de discriminação visual ao perceber que um olho apresentava uma dimensão diferente do outro, conforme ilustra a Figura 10. Essa habilidade de discriminação visual permite que o aluno identifique com precisão a diferença nos detalhes dos olhos e tome as medidas necessárias para corrigir a discrepância. Ao ajustar as dimensões, ele garante que ambos os olhos possuam as mesmas características, assegurando uma aparência simétrica e equilibrada no boneco de neve. Essa habilidade de discriminação visual é essencial para perceber detalhes visuais sutis e realizar ajustes precisos na construção dos objetos tridimensionais.

Figura 10: Antes e depois das manipulações nos olhos do boneco de neve

Fonte: Autores.

Maria demonstra sua habilidade de discriminação visual ao compreender a necessidade de criar uma base maior para o boneco de neve em comparação às outras esferas que compõem o corpo, conforma a figura 11. Ela percebe que a base deve se destacar em tamanho em relação às demais partes. Utilizando essa habilidade, a aluna realiza as alterações necessárias para garantir que a base seja visualmente distinta e proporcional ao restante do corpo. Essa habilidade permite que ela mantenha uma percepção consistente das relações espaciais e das proporções dos elementos, assegurando que a base seja dimensionada de acordo com as características desejadas.

Figura 11: Antes e depois da modificação na esfera da base

Fonte: Autores.

Durante a oficina, a habilidade de percepção de figura-fundo não foi observada devido à natureza específica da atividade proposta, que não demandava a percepção ativa e explícita dessa habilidade. No entanto, as outras habilidades de visualização espacial foram amplamente evidenciadas pelos estudantes, demonstrando que o *Tinkercad* tem um grande potencial para desenvolver as habilidades descritas por Gutiérrez (1996) por meio da modelagem 3D.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como propósito apresentar o uso do *Tinkercad* para favorecer a aprendizagem em Geometria, bem como identificar e descrever as habilidades de visualização espacial (Gutiérrez, 1996) reveladas pelos alunos por meio de sua utilização. Assim, identificamos as principais habilidades que estiveram presentes na gravação das telas dos três alunos considerados para o estudo: Constância Perceptiva, Rotação Mental, Percepção das Relações Espaciais e Discriminação Visual, o que ilustra uma diversidade de possibilidades quanto às habilidades no contexto de atividades de modelagem 3D.

O *Tinkercad* desempenhou um papel significativo no desenvolvimento da visualização espacial por meio de atividades de modelagem 3D. Ao proporcionar uma plataforma intuitiva e interativa, o ambiente permite que os alunos experimentem e manipulem formas tridimensionais de forma dinâmica, estimulando o desenvolvimento de habilidades de visualização especial. As funcionalidades de rotação, alteração da distância entre os planos e ajuste de dimensões possibilitam que os alunos explorem diferentes perspectivas e visualizem suas criações de diferentes ângulos.

Além disso, o *Tinkercad* proporciona um ambiente onde a Cultura Maker ganha vida, por permitir que os alunos possuam a oportunidade de serem criativos, autônomos e experimentarem a construção de objetos tridimensionais. A Cultura Maker valoriza a aprendizagem prática e colaborativa, incentivando os alunos a explorarem e desenvolverem suas habilidades por meio da experimentação e da resolução de problemas. A modelagem 3D no *Tinkercad* oferece um ambiente de aprendizagem envolvente e motivador, no qual os alunos podem aplicar conceitos matemáticos de forma prática e contextualizada e ainda contar com uma comunidade ativa que compartilha seus projetos, ao criar um ambiente que inspira e desafia.

Dessa forma, o *Tinkercad* pode ser promissor para o ensino da matemática e o desenvolvimento da visualização espacial. Esperamos que esse artigo possa motivar outros pesquisadores a explorarem mais a plataforma e a promoverem atividades de forma integrada ao ensino da matemática.

REFERÊNCIAS

CADENA-BLANCO, F.; ARIAS-RUEDA, M. J.; ARIAS-RUEDA, J. Geometría y emprendimiento con Tinkercad desde el enfoque de la educación STEAM. *Encuentro Educativo*, v. 29, n. 2, p. 453–468, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8122729>

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4. ed. Thousand Oaks: Sage, 2014.

GUTIÉRREZ, A. Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In: PME CONFERENCE, 18., 1996, [s.l.]. **Proceedings [...]**. [S.l.]: The Program Committee of the 18th PME Conference, 1996. v. 1, p. 1-3.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia de pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LORENZO FERNÁNDEZ, M. L. **Adquisición de la visión espacial a través del aprendizaje basado en proyectos utilizando la realidad aumentada**. 2019. Trabajo Fin de Máster de Universidad Católica de Murcia, Murcia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/3995>

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Edição revisada. Porto Alegre: Artmed, 2007.

POWELL, A. B.; FRANCISCO, J. M.; MAHER, C. A. Uma abordagem à análise de dados de vídeo para investigar o desenvolvimento das ideias matemáticas e do raciocínio de estudantes. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 17, n. 21, p. 81-140, 2004.

TIRADO JIMÉNEZ, C. **El uso de Tinkercad y realidad aumentada para el aprendizaje de los poliedros**. 2022. Trabajo Fin de Máster de Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, 2022. Disponível em: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/27740>

ZIMMERMANN, W.; CUNNINGHAM, S. Editor's introduction: what is mathematical visualization? In: ZIMMERMANN, Walter; CUNNINGHAM, Steve (ed.). **Visualization in teaching and learning mathematics**. Washington, DC: Mathematical Association of America, 1991. p. 1-8.