ISSN: 2358-8829

INTEGRAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE MATEMÁTICA E GEOGRAFIA POR MEIO DA MODELAGEM 3D: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NA FORMAÇÃO DOCENTE

Jeferson Leite da Costa Nunes [1]
Mariana da Silva de Siqueira [2]
Brauner Gonçalves Coutinho [3]

INTRODUÇÃO

A transformação digital tem ampliado os recursos de ensino por meio das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), que diversificam as estratégias pedagógicas e favorecem a participação dos estudantes na cultura digital. Nesse cenário, conteúdos de Matemática e de Geografia que não podem ser observados diretamente tendem a permanecer abstratos quando tratados apenas no quadro e no livro. Ferramentas que permitam visualizar e manipular objetos tridimensionais podem, assim, contribuir para a compreensão desses conteúdos.

Este relato de experiência explora as potencialidades pedagógicas do Modela3D, plataforma online e gratuita, desenvolvida por um aluno do Centro de Ciências Humanas e Exatas da UEPB, que permite criar e compartilhar, por meio de programação, materiais didáticos interativos com objetos tridimensionais no navegador. O foco recaiu sobre a integração entre Matemática e Geografia por meio da modelagem da Terra e de seus paralelos e meridianos. A experiência foi realizada com estudantes do segundo período da Licenciatura Plena em Matemática da UEPB, na disciplina de Linguagem de Programação, que modelaram a Terra como esfera, representaram paralelos e meridianos como toroides e exploraram as relações trigonométricas das coordenadas geográficas.

O objetivo geral foi avaliar a aprendizagem de conceitos de Geografia e Matemática relacionados à geolocalização, associada à abordagem com modelagem 3D, e conhecer a percepção da turma sobre a ferramenta. Esse objetivo se desdobra em: (i) verificar se o desempenho melhorou do pré ao pós-teste; (ii) identificar em quais conteúdos e questões o ganho foi maior; (iii) avaliar a percepção dos alunos sobre a ferramenta, seus pontos fortes e fracos; e (iv) analisar como essa percepção esteve relacionada ao ganho de cada aluno.

[1] Graduado pelo Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, jefersonleitenunessume@gmail.com;
[2] Graduanda do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, mariana.siqueira@aluno.uepb.edu.br;
[3] Professor Doutor da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, brauner@servidor.uepb.edu.br.

ISSN: 2358-8829

REFERENCIAL TEÓRICO

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) ampliam os recursos disponíveis para o ensino, ao permitir a criação, o compatilhamento e a exploração de materiais digitais, e, quando integradas a propostas pedagógicas adequadas, favorecem a participação dos estudantes na cultura digital. A BNCC reconhece a cultura digital como competência geral da educação básica, prevendo que o estudante compreenda, utilize e crie tecnologias digitais de forma crítica, significativa, reflexiva e ética, e prevê a articulação entre áreas do conhecimento para a resolução de problemas (Brasil, 2018). O Complemento à BNCC para Computação organiza o ensino em torno dos eixos de pensamento computacional, mundo digital e cultura digital, incluindo a elaboração de algoritmos e o uso de linguagens de programação (Brasil, 2022). Nessa perspectiva, o Modela3D permite articular a geometria espacial e a trigonometria, da Matemática, e a localização e a representação do espaço, da Geografia, a uma atividade de programação, em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada.

Para que essa articulação resulte em aprendizagem, não basta o uso da tecnologia, sendo necessário também que o conteúdo faça sentido para o estudante. A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conteúdo se relaciona aos conhecimentos prévios do estudante (Ausubel, 2000). Na Matemática e na Geografia, porém, muitos conteúdos são ensinados por representações planas, como o quadro e o livro, que nem sempre tornam evidentes as relações entre o conceito, sua representação gráfica e suas propriedades, o que favorece a memorização de definições e procedimentos (Ausubel, 2000). Segundo Duval (2011), a compreensão matemática envolve a coordenação entre diferentes registros de representação semiótica, como a linguagem natural, as representações figuras e as expressões algébricas ou numéricas. A aprendizagem não se reduz à percepção de uma única representação, mas exige tratamentos dentro de um mesmo registro e conversões entre registros distintos. Assim, a visualização de um objeto tridimensional pode contribuir para a compreensão, mas precisa ser articulada a outras formas de representação, inclusive às expressões matemáticas que descrevem o objeto.

É nesse ponto que a modelagem tridimensional se mostra promissora, pois pode funcionar como ponte entre conceitos abstratos e suas representações visuais. Ao construir, manipular e observar um objeto geométrico em três dimensões, o estudante relaciona propriedades formais, representações gráficas e situações contextualizadas (Chivai; Soares; Catarino, 2024). No caso da Terra, a modelagem como uma esfera permite representar paralelos e meridianos, elementos fundamentais para a compreensão das coordenadas geográficas. A representação dos paralelos como toroides possibilita explorar a relação entre a latitude e o raio do círculo correspondente, fazendo necessário o uso de relações trigonométricas. Dessa forma, a atividade articula a visualização espacial, a geometria da esfera e a trigonometria aplicada à geolocalização.

ISSN: 2358-8829

Como a construção do modelo exige programação, a atividade mobiliza também o pensamento computacional, isto é, os processos de pensamento envolvidos em formular problemas e expressar soluções de modo que possam ser executadas por um agente de processamento de informação (Wing, 2006), o que implica decompor o problema, identificar padrões, abstrair relações e organizar uma solução de forma sistemática. Nesta experiência, o estudante traduz relações matemáticas e geográficas em comandos para gerar a esfera, os paralelos e os meridianos no Modela3D, integrando Matemática, Geografia e Computação.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como um estudo quase-experimental, de grupo único, com medidas repetidas (pré-teste e pós-teste) e sem grupo controle, desenvolvido em contexto real de sala de aula (Fiorentini; Lorenzato, 2006). Os procedimentos quantitativos funcionam como evidências que sustentam a análise pedagógica. Participaram estudantes do segundo período do curso de Licenciatura Plena em Matemática da UEPB, Campus VI, Monteiro-PB, matriculados na disciplina de Linguagem de Programação. Foi possível parear, por identificação nominal, 18 estudantes que realizaram tanto o pré-teste quanto o pós-teste, e o questionário de percepção foi respondido por 22. Por serem amostras de conveniência e de tamanho reduzido, os resultados devem ser interpretados como indícios do potencial da proposta, e não como generalizações. Os nomes reais foram utilizados apenas internamente para o pareamento; na publicação, os participantes aparecem anonimizados (E01 a E18).

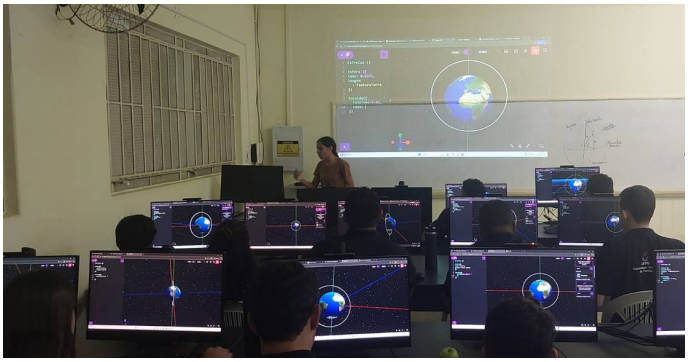
Durante as aulas, os estudantes utilizaram o Modela3D para: (i) modelar a Terra como esfera, definindo seus parâmetros por meio de programação; (ii) construir paralelos e meridianos como toroides, explorando os raios e demais parâmetros que os definem; (iii) estabelecer relações entre a latitude e o raio do paralelo, aplicando seno e cosseno; e (iv) treinar a conversão de ângulos em graus e radianos. A atividade envolveu, simultaneamente, conteúdos de Geografia (linhas imaginárias, coordenadas), Matemática (geometria espacial, trigonometria) e Computação (comandos, sintaxe, raciocínio lógico).

As intervenções ocorreram em quatro encontros, em 12, 19 e 25 de fevereiro e 4 de março de 2026, e o questionário de percepção foi aplicado em 5 de março. No primeiro encontro, apresentaram-se a proposta do estudo e a interface do Modela3D e aplicou-se o pré-teste, para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes. Nos dois seguintes, a modelagem foi conduzida de forma gradual, como ilustra a Figura 1. O código foi elaborado passo a passo junto aos estudantes, com bastante diálogo sobre as estratégias de programação e os conceitos matemáticos envolvidos. Ao final da modelagem, reaplicou-se o mesmo questionário. Foram utilizados ao todo três instrumentos para avaliação:

ISSN: 2358-8829

1. Pré-teste, com 25 questões de múltipla escolha, em questionário digital na plataforma Wayground;
2. Pós-teste, com o mesmo questionário adaptado para 24 questões;
3. Questionário de percepção, em formulário Google, com 17 afirmações em escala Likert de cinco pontos, do discordo totalmente ao concordo totalmente, organizadas em quatro blocos: Geografia e percepção espacial (6 itens), aplicação de conceitos matemáticos (4), aspectos computacionais e de modelagem (3) e potencial pedagógico (4). O formulário trazia ainda quatro questões abertas e uma sobre gênero.

Figura 1 – Apresentação e demonstração do Modela3D aos estudantes.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Antes da análise, garantiu-se a qualidade dos dados. A questão 22 do pré-teste (conversão de graus para radianos) foi excluída das análises, pois na plataforma havia sido configurada com gabarito equivocado, motivo pelo qual também foi retirada do pós-teste; todas as comparações pareadas consideram, assim, as 24 questões comuns. O pareamento nominal dos três instrumentos ($n = 18$ completos) foi obtido pela relação oficial de e-mails, uma vez que o formulário não solicitou os nomes dos alunos, mas armazenou os seus endereços de e-mail institucionais.

O desempenho foi descrito por médias, percentuais de acerto e desvios-padrão. Para comparar o pré e o pós-teste, aplicou-se o teste de Wilcoxon para amostras pareadas, adequado a medidas repetidas na mesma turma e a amostras pequenas, nas quais não se pressupõe distribuição normal, e, para as questões individuais, o teste de McNemar, considerando-se significativo o resultado com $p < 0{,}05$. A percepção foi descrita por médias, percentuais e intervalos de confiança, e a escala de cinco pontos foi adotada. Todos os cálculos foram feitos por meio de scripts em linguagem Python.

Modelagem e fundamentação matemática

Com o objetivo de auxiliar as aulas de Geografia, mais especificamente no conteúdo de paralelos e meridianos, criou-se um modelo do planeta Terra com os principais

ISSN: 2358-8829

paralelos e meridianos representados por objetos tridimensionais, para ser usado como recurso didático complementar por alunos da educação básica. A modelagem exigiu conceitos matemáticos como coordenadas em três dimensões, sólidos geométricos, rotação, transformações geométricas, trigonometria e geometria espacial e, do lado geográfico, as coordenadas geográficas, os paralelos e meridianos e sua relação com a latitude e a longitude.

Para posicionar corretamente os paralelos na esfera, foram usadas as relações trigonométricas a seguir, ilustradas na Figura 2, em que R é o raio da esfera (raio da Terra na modelagem), α é o ângulo de latitude a partir do Equador (0° no Equador até 90° nos polos), d é a distância vertical entre o Equador e o paralelo e r é o raio do círculo do paralelo:

$$d = R \cdot \sin(\alpha) \tag{1}$$

$$r = R \cdot \cos(\alpha) \tag{2}$$

Assim como outras linguagens de programação como o Python, o Modela3D realiza os cálculos com ângulos em radianos por padrão. Para usar a medida em graus, foi necessário realizar a conversão por meio da seguinte expressão:

$$x_{rad} = y^{\circ} \cdot \pi/180. \tag{3}$$

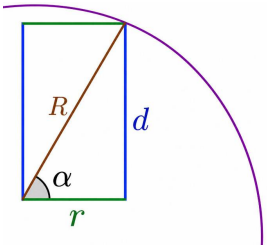
onde y° é a medida em graus.

A modelagem final é ilustrada na Figura 3. Como textura da superfície do planeta, foi usada uma imagem disponível gratuitamente na web. O Equador e os trópicos foram representados por toroides, cujo raio e cuja altura em relação ao Equador foram calculados pelas relações trigonométricas mostradas acima e as latitudes convertidas para radianos. Já os meridianos, foram modelados por segmentos toroides de 180° (propriedade *arco* do objeto *Toroide*), rotacionados a cada 15° de longitude. Os principais desafios foram definir a rotação e posicionar corretamente os toroides sobre a esfera, o que levou os estudantes a recorrer aos conceitos matemáticos, formular e testar hipóteses e estabelecer conexões entre a teoria e suas aplicações práticas. Além disso, a visualização permitiu ao aluno mover, girar e explorar a esfera sob diferentes ângulos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise foi conduzida em três etapas: a aprendizagem da turma como um todo, comparando o pré e o pós-teste; o desempenho por conteúdo e por questão, para identificar onde o ganho se concentrou; e a percepção dos estudantes, cruzada com o que de fato aprenderam. Nas duas primeiras etapas, foram utilizados os dados dos 18 estudantes

Figura 2 – Trecho de uma circunferência representando o corte na superfície da esfera.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3 – Visualização interativa da Terra com paralelos e meridianos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

pareados, com pontuação máxima de 24 pontos. A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas.

Tabela 1 – Desempenho no pré-teste e pós-teste ($n = 18$; máximo = 24).

Momento	Média	% de acerto	Desvio-padrão
Pré-teste	15,9	66,4%	3,46
Pós-teste	19,7	81,9%	3,05
Diferença	+3,7	+15,5 p.p.	—

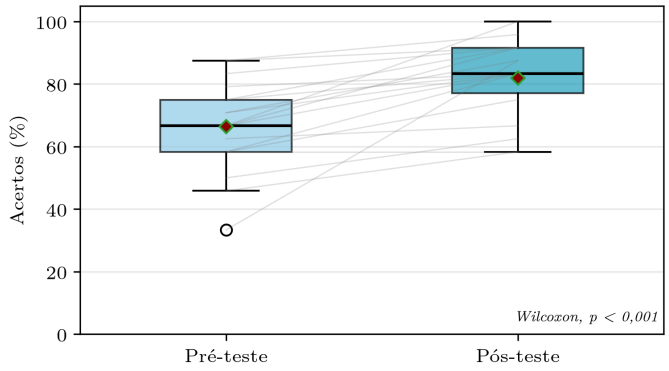
Fonte: Elaborada pelos autores.

A turma passou de uma média de 16 para cerca de 20 acertos (de 66,4% para 81,9%, um acréscimo de 15,5 pontos percentuais). O teste de Wilcoxon para amostras pareadas indicou que a melhora observada dificilmente se deve ao acaso ($p < 0{,}001$). Dos 18 estudantes, 17 (94,4%) melhoraram, nenhum piorou e um manteve a nota (58% nos dois testes). O efeito-teto, por sua vez, limitou o ganho dos estudantes que já partiam de notas altas, como os que obtiveram 88% no pré-teste. O efeito teto ocorre quando o instrumento tem um limite máximo e muitos participantes começam próximos dele, o ganho possível fica artificialmente reduzido, mesmo que a pessoa tenha aprendido bastante.

A Figura 4 apresenta a distribuição das notas no pré e no pós-teste por meio de *boxplots*, com a trajetória individual de cada estudante sobreposta; em cada caixa, a linha preta indica a mediana e o losango vermelho, a média. A caixa do pós-teste situa-se em patamar mais alto e com menor amplitude, o que indica deslocamento geral para notas mais altas, com maior concentração. As linhas individuais mostram trajetória predominantemente ascendente, em consonância com os 17 que melhoraram, e o círculo vazado próximo de 33% no pré-teste representa um estudante atípico, cuja linha registra o maior salto individual.

As questões foram organizadas em dois grupos temáticos. Geografia e Percepção Espacial (16 itens) passou de 70,1% para 85,1% de acertos ($+15{,}0$ p.p.; $p = 0{,}001$) e Matemática (8 itens), de 59,0% para 75,7% ($+16{,}7$ p.p.; $p = 0{,}002$), ambos com melhora

Figura 4 – Boxplot comparativo pré-teste× pós-teste, com linhas individuais por estudante.



Fonte: Elaborada pelos autores.

estatisticamente significativa (Wilcoxon). Esse resultado é coerente com a hipótese de que a modelagem 3D foi particularmente útil para os conceitos matemáticos mais abstratos e menos dominados pela turma.

O ganho, porém, não foi uniforme entre as questões (Tabela 2). Dos quatro maiores avanços, dois são de Geografia (Q3 e Q8, ambos com $+33{,}3$ pontos percentuais) e dois de Matemática (Q21 e Q18), todos estatisticamente significativos (McNemar, $p < 0{,}05$). Dentro da Matemática, os avanços concentraram-se nos itens conceituais e geométricos, com destaque para a superfície do toroide (Q21), que passou de 22% para 83% de acertos ($+61{,}1$ pontos percentuais), seguida da subdivisão do grau (Q18). A questão que associa $20°$ Sul à latitude (Q9) permaneceu estável, com 56% de acertos nos dois testes. Já as duas questões de trigonometria aplicada, sobre a distância d (Q22) e o raio r do paralelo (Q23), não apresentaram melhora: houve redução de $5{,}6$ pontos percentuais na primeira e de $22{,}2$ na segunda (de 10 para 6 acertos), ambas sem diferença estatisticamente significativa (McNemar, $p = 1{,}0$ e $p = 0{,}219$), isto é, variações compatíveis com o acaso.

Tabela 2 – Desempenho em questões selecionadas ($n = 18$).

Questão	**Conteúdo**	**Pré → Pós**	**Δ (p.p.)**	**p (McNemar)**
Q21	Superfície do toroide	22% → 83%	+61,1	0,001
Q18	Meio grau (0,5°)	28% → 72%	+44,4	0,039
Q3	O que é latitude?	44% → 78%	+33,3	0,031
Q8	Qual paralelo passa pelo Brasil?	61% → 94%	+33,3	0,031
Q9	20° Sul indica? (latitude)	56% → 56%	0,0	1,000
Q22	Distância d a partir de R e θ	61% → 56%	−5,6	1,000
Q23	Raio r do paralelo a partir de R e θ	56% → 33%	−22,2	0,219

Fonte: Elaborada pelos autores. Numeração conforme o pós-teste.

O resultado observado na trigonometria aplicada contrasta com o desempenho nos demais itens de Matemática, e uma possível explicação está na natureza da tarefa. Esse conteúdo exigia uma passagem a mais do que os demais: reconhecer na esfera o plano do

ISSN: 2358-8829

paralelo, extrair dele um triângulo retângulo em que R é a hipotenusa, r é um cateto e θ é o ângulo, e então escolher a razão trigonométrica adequada. Embora a demonstração dessa passagem tenha sido realizada em sala, ela foi breve e não incluiu prática guiada com exercícios, o que possivelmente foi insuficiente para consolidar a conversão da imagem em cálculo. Já a visualização e a manipulação do modelo favoreceram o reconhecimento de objetos e conceitos.

Cabe ponderar, porém, que o desempenho de 22% no pré-teste da Q21, abaixo do nível esperado ao acaso em questões de quatro alternativas (25%), indica desconhecimento prévio quase total, esperado para um conteúdo ausente da educação básica. Como não foram levantados dados sobre a trajetória escolar dos estudantes, não se pode descartar que parte do salto reflita o primeiro contato com o tema, e não apenas o efeito da modelagem.

A percepção dos estudantes

O questionário de percepção, composto por 17 itens e respondido por 22 estudantes, apresentou consistência interna elevada, como mostra a Tabela 3. O Alfa de Cronbach do instrumento completo foi de 0,906, com intervalo de confiança de 95%, obtido por *bootstrap*, entre 0,727 a 0,953. O intervalo de confiança indica a faixa de valores compatíveis com os dados, considerando que outra amostra de estudantes produziria estimativas ligeiramente diferentes: se o estudo fosse repetido muitas vezes, cerca de 95% dos intervalos construídos dessa forma conteriam o valor verdadeiro. Intervalos mais largos refletem menor precisão, como é esperado com $n = 22$. O valor pontual é classificado como excelente por superar 0,90, mas, como o limite inferior do intervalo (0,727) supera 0,70, a consistência é pelo menos aceitável e provavelmente excelente. Entre as dimensões, o Alfa variou de 0,690 a 0,813. O menor valor, o de aspectos computacionais e de modelagem, refere-se a apenas três itens e deve ser interpretado com cautela, pois o Alfa tende a ser menor em escalas curtas.

Calculada a média de cada estudante nos 17 itens, a média geral dos estudantes foi de 4,46 (IC 95%: 4,25 a 4,67), com desvio-padrão de 0,47 entre eles, em uma escala de 1 a 5. A turma situou-se, portanto, entre *concordo* (4) e *concordo totalmente* (5), bem distante do ponto neutro (3): a média diferiu significativamente de 3 ($t(21) = 14{,}49$; $p < 0{,}001$), resultado confirmado pelo teste de Wilcoxon ($p < 0{,}001$), e todas as 22 médias individuais ficaram acima do ponto neutro. O intervalo da média está inteiramente acima de 3, de modo que a avaliação positiva se mantém em todo o intervalo.

Todos os blocos obtiveram média superior a 4. O maior destaque foi o potencial pedagógico da ferramenta (B4), com 4,67, seguido de Geografia e percepção espacial (B1), com 4,56, e da aplicação de conceitos matemáticos (B2), com 4,30. O bloco de aspectos computacionais e de modelagem (B3), que trata da escrita dos comandos e da

ISSN: 2358-8829

Tabela 3 – Percepção média e consistência interna por bloco do questionário ($n = 22$; escala de 1 a 5).

Bloco	**Itens**	**Questões**	**Média**	**Alfa de Cronbach**
B1 — Geografia e percepção espacial	6	1–6	4,56	0,813
B2 — Aplicação de conceitos matemáticos	4	7–10	4,30	0,752
B3 — Aspectos computacionais e de modelagem	3	11–13	4,21	0,690
B4 — Potencial pedagógico da ferramenta	4	14–17	4,67	0,774
Questionário completo	17	1 - 17	4,46	0,906

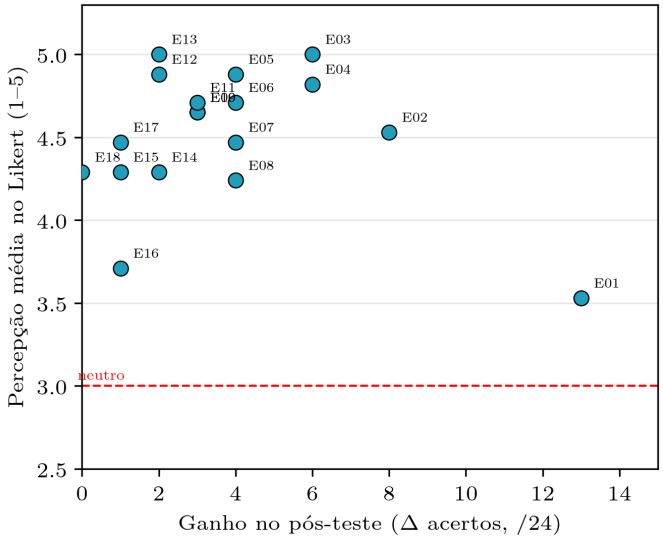
Fonte: Elaborada pelos autores.

depuração dos erros, obteve a menor média, 4,21, possivelmente refletindo a dificuldade inerente à programação, conforme os relatos descritos adiante. Isso sugere, para as próximas edições, ampliar o tempo de prática e oferecer apoios à sintaxe.

Analisados item a item, os mais bem avaliados foram recomendar o Modela3D a colegas (I16), com 4,82, a afirmação de que a modelagem facilitou a compreensão (I1), com 4,77, e a eficácia interdisciplinar da ferramenta (I14), com 4,73. Na outra ponta, o de menor média foi identificar os próprios erros no programa (I12), com 3,95, único abaixo de 4, seguido da relação entre coordenadas esféricas e trigonometria (I10), com 4,14, e da conversão de graus para radianos na prática (I8), com 4,23. Apenas o item I10 tem correspondente no teste, no qual as questões de trigonometria aplicada não registraram melhora; o item I8 trata da conversão de graus para radianos, cuja única questão do teste foi excluída por erro de gabarito, e o item I12 não foi medido pelo teste. Ainda assim, os três itens indicam onde a mediação pode ser aprimorada.

Com o pareamento individual, verificou-se a existência de relação entre o ganho de aprendizagem e a avaliação da ferramenta, isto é, se os estudantes que mais aprenderam também a avaliaram melhor. Foi observado que, quem mais aprendeu não foi necessariamente quem melhor avaliou, e vice-versa. Estudantes com ganhos pequenos avaliaram bem o Modela3D, e a percepção não cresce de forma evidente com o ganho, como ilustra a Figura 5. A correlação de Spearman entre ganho e percepção média foi fraca e não significativa ($\rho = 0{,}20$; $p = 0{,}43$. Como neste caso a análise é descritiva e o grupo é pequeno ($n = 18$), não se afirma ausência de relação, apenas que ela não é aparente nos dados. O caso mais marcante é o do estudante E01, que teve o maior ganho da turma (de 8 para 21 acertos) e, ainda assim, atribuiu a menor percepção média entre os 18 pareados (3,53). Esse perfil sugere que a defasagem inicial foi superada apesar das dificuldades relatadas, e que estudantes nessa situação podem demandar mais apoio. Do ponto de vista metodológico, a ausência de relação aparente é favorável, pois não há indício de que a avaliação positiva tenha sido determinada pelo desempenho no teste, o que não elimina outros vieses possíveis, como quando os participantes avaliam a própria atividade realizada por ele.

Figura 5 – Dispersão entre ganho (Δ acertos) e percepção média (1–5), $n = 18$.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O que disseram os estudantes?

As respostas livres, analisadas pela técnica de análise de conteúdo de Bardin (2011), que organiza os depoimentos em categorias de sentido, foram fornecidas pelos 22 estudantes. Como pontos positivos, os estudantes destacaram a visualização em 3D, citada por 10 deles, e a melhor compreensão da matéria (8 menções), além da integração entre Matemática, Geografia e Computação e do caráter mais dinâmico e interativo das aulas. Quanto às dificuldades, 16 dos 21 estudantes que responderam a esse item (76%) relataram ter sentido alguma, e boa parte delas referiu-se à programação, em especial à escrita e à organização dos comandos, como o uso de vírgulas, chaves e espaçamento. Foram citadas também a rotação dos meridianos, as funções da interface e a identificação de seno e cosseno. Alguns estudantes indicaram que algumas das dificuldades foram superadas com as explicações do professor. Como sugestões para as próximas edições, os estudantes indicaram aplicar a ferramenta a outros conteúdos, sobretudo de geometria espacial, geometria analítica e vetores, e a outras áreas, como sistema solar, física, biologia e química, além de que os comandos do Modela3D pudessem ser escritos em português e de que houvesse mais tempo de prática nas aulas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou a modelagem 3D da Terra, com paralelos e meridianos, no Modela3D como recurso didático para Geografia e Matemática. A modelagem desenvolvida pode ser útil de maneiras distintas. Para professores de Geografia, o modelo pronto pode ser empregado no estudo de coordenadas geográficas, paralelos e meridia-

ISSN: 2358-8829

nos, auxiliando a compreender como essas linhas localizam pontos na superfície terrestre e fundamentando temas como cartografia, navegação e geolocalização. Para professores de Matemática, a modelagem permite trabalhar geometria espacial e trigonometria na construção de paralelos e meridianos sobre a esfera, associando a teoria à visualização. Assim, o Modela3D pode integrar Matemática e Geografia em uma abordagem interdisciplinar. Além disso, a ferramenta tem potencial para o ensino presencial e para o remoto. No ensino presencial, apoia a explicação com o objeto girando na tela. No ensino remoto ou híbrido, cada estudante pode manipular o próprio modelo, embora esse uso não tenha sido testado neste estudo. Nos dois casos, o mesmo código pode unir as duas áreas: a Geografia entra com as coordenadas que localizam pontos na esfera, e a Matemática, com a geometria da esfera e do toroide, em um objetivo concreto de modelar a cena.

Os 18 estudantes com dados pareados passaram de 66,4% para 81,9% de acertos, e 17 deles (94,4%) melhoraram (Wilcoxon, $p < 0{,}001$), com ganhos nos dois grupos de conteúdo: Geografia com $+15{,}0$ p.p. e Matemática, com $+16{,}7$ p.p.. A percepção dos 22 estudantes foi positiva (média de 4,46 em 5; IC 95%: 4,25 a 4,67), e a integração entre Matemática, Geografia e Computação, mencionada nas respostas livres, dialoga com a BNCC (Brasil, 2018).

Os dados também mostram o que precisa ser aprimorado. As questões de trigonometria aplicada não apresentaram melhora. Segundo a teoria dos registros de representação semiótica (Duval, 2011), ver o modelo pode ter ajudado os estudantes a reconhecer a esfera e os paralelos, mas não bastou para que passassem da imagem ao cálculo com seno e cosseno. Recomenda-se, por isso, incluir um momento guiado de "medição no modelo", com exercícios que relacionem a latitude ao raio do paralelo, dado por $r = R\cos(\alpha)$. Quanto ao pensamento computacional, 16 dos 21 estudantes que responderam a esse item relataram alguma dificuldade, sobretudo na escrita dos comandos, o que indica a necessidade de mediação pedagógica, por meio de trabalho em pares, exemplos comentados e retorno durante as tarefas. Por fim, como não se detectou associação entre ganho e percepção ($\rho = 0{,}20$; $p = 0{,}43$), a satisfação não deve ser tomada como indicador direto de aprendizagem.

Os resultados aqui discutidos devem ser interpretados à luz das limitações do estudo. A amostra é pequena, de conveniência e restrita a uma única turma, e a análise por questão foi feita sem correção para comparações múltiplas. Não houve grupo controle e, por isso, os resultados configuram associação entre a intervenção e a melhora, e não relação causal (Creswell, 2010). Amadurecimento ao longo do semestre, familiaridade com a prova e efeito de novidade também podem ter contribuído para o ganho. O desempenho inicial na questão do toroide (22%), próximo do acaso, indica que o conteúdo era inédito para a turma e, como não foram levantados dados sobre a trajetória escolar, não é possível separar o efeito da ferramenta do efeito do primeiro contato com o tema. Além disso, como a atividade foi conduzida pelo próprio pesquisador, as avaliações positivas podem

ter sido favorecidas pela relação com a turma.

Como trabalhos futuros, propõe-se repetir o estudo com uma turma maior, a fim de separar o efeito da ferramenta do efeito do semestre e da familiaridade com a prova. Propõe-se também aplicar um teste de retenção meses após a intervenção e levantar a trajetória escolar dos estudantes, para verificar se o ganho se relaciona ao conhecimento prévio. Por fim, sugere-se redesenhar as atividades de trigonometria e de programação, com momentos guiados de medição no modelo, trabalho em pares e exemplos comentados.

Palavras-chave: Modelagem 3D; Modela3D; Pensamento computacional; Interdisciplinaridade; Paralelos e meridianos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, programa PIBIC/CNPq-UEPB.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

Brasil. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://mec.gov.br>. Acesso em: 8 nov. 2026.

Brasil. **Computação na Educação Básica: Complemento à Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 8 nov. 2026.

CHIVAI, C. H.; SOARES, A. A.; CATARINO, P. Promoção da visualização espacial com os softwares geogebra e qubism 3d. **Educação e Pesquisa**, v. 50, p. e275201, 2024.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DUVAL, R. **Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representações semióticas**. 1. ed. São Paulo: PROEM, 2011. Tradução de Marlene Alves Dias.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas: Autores Associados, 2006.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006.