



PARAMETRIZANDO POLIEDROS NO ENSINO DE DESENHO TÉCNICO PARA AS ENGENHARIAS

PARAMETERIZING POLYHEDRA IN TECHNICAL DRAWING EDUCATION FOR ENGINEERING

ASEVEDO, Laíze Fernandes de¹,
MONTEIRO, Verner²,
MEDEIROS, Deisyane Câmara Alves de³,
ALVES, Karoline de Lima⁴,
SILVA, Larissa Emanuelle Bezerra Leal da⁵.

Resumo

Este estudo experimental analisa a aplicação da modelagem paramétrica como recurso didático-pedagógico para o ensino de visualização e representação de poliedros. O experimento comparou resultados antes e após o manuseio da modelagem paramétrica de prismas e pirâmides pelos estudantes da disciplina de Desenho Técnico da Engenharia Civil e Engenharia Sanitária e Ambiental em 2023. Os resultados quantitativos e qualitativos apontam para a eficácia da modelagem paramétrica como instrumento de ensino, facilitando a compreensão dos conceitos, promovendo o aprendizado ativo fundamentado na reflexão-na-ação, e contribuindo para a atualização das práticas educacionais nas engenharias e áreas afins.

Palavras-chave: Modelagem paramétrica; Desenho Técnico; Poliedros; Engenharia Civil; Engenharia Sanitária e Ambiental.

Abstract

This experimental study analyzes the application of parametric modeling as a didactic-pedagogical resource for teaching the representation and visualization of polyhedrons. The experiment compared results before and after students modeled prisms and pyramids parametrically in a Technical Drawing course, from Civil Engineering and Sanitary and Environmental Engineering, in 2023. The quantitative and qualitative results addressed the effectiveness of parametric modeling as a teaching tool, which facilitates the understanding of concepts, promotes active learning based on reflection-in-action, and contributes to updating educational practices in engineering and related areas.

Keywords: Parametric Modeling; Technical Drawing; Polyhedrons; Civil Engineering; Sanitary and Environmental Engineering.

¹ IFRN, 0000-0002-1796-7483 e laize.asevedo@ifrn.edu.br

² IFRN e UFRN, 0000-0001-8796-2867 e verner.monteiro@ifrn.edu.br

³ IFRN, 0009-0005-0214-0191 e deisyanne.camara@ifrn.edu.br

⁴ IFRN, 0009-0002-6440-0145 e karoline.alves@escolar.ifrn.edu.br

⁵ IFRN, 0009-0006-9227-7403 e emanuelle.leal@escolar.ifrn.edu.br

1 Introdução

A disciplina de Desenho Técnico é primária aos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Sanitária e Ambiental. O estudo de geometrias planas e espaciais é comum à disciplina, no âmbito das Engenharias, e é conhecimento imprescindível ao posterior desenvolvimento de projetos específicos de cada área. A temática dos poliedros se apresenta na perspectiva de introdução às formas tridimensionais dentro da disciplina.

No contexto atual, caracterizado pela variedade de recursos tecnológicos no campo da informação e da comunicação, é necessário que se compreendam os fundamentos tradicionais da geometria, mas também que se “faça uma revalorização destes conhecimentos diante das facilidades trazidas pelas novas tecnologias de representação e de simulação de espaços” (Florio, 2011, p.44).

A modelagem paramétrica se torna uma ferramenta promissora como recurso didático-pedagógico para a disciplina de Desenho Técnico, sobretudo para o estudo das formas geométricas tridimensionais, tais como os prismas e pirâmides, visto que combina a programação computacional visual, através do uso de fórmulas algorítmicas, para geração de elementos gráficos. Ou seja, reúne os fundamentos básicos da geometria, inseridos na lógica algorítmica, produzindo, concomitantemente e dinamicamente, o modelo gráfico formal.

Este artigo tem como objetivo analisar a adoção da modelagem paramétrica como recurso didático-pedagógico no ensino de poliedros irregulares – prismas e pirâmides – para as Engenharias Civil e Sanitária e Ambiental. A inserção desta tecnologia visa a atualização das práticas educativas frente ao ensino tradicional do desenho técnico, e busca o desenvolvimento da autonomia do estudante, potencializando o caráter ativo no seu processo de aprendizagem, fundamentado na reflexão-na-ação (Schön, 2000).

Este estudo vem acrescentar dados e contribuir com a investigação, pautada pelos autores desde 2019, acerca da inserção da modelagem paramétrica no ensino de Desenho Técnico, anteriormente aplicada ao nível médio técnico, em contextos distintos - pré, durante e pós-pandêmico -, e em cenários de ensino remoto e presencial.

2 A modelagem paramétrica como recurso didático-pedagógico

A modelagem paramétrica surge, sobretudo no campo da Arquitetura, por volta dos anos 2000 (Woodbury, 2010), sendo associada à geração de formas complexas, não tradicionais, da era digital (Kolarevic, 2008).

O projeto paramétrico é definido por Scheer (2014, p.141) como aquele em que as “formas são geradas por uma série de valores (parâmetros) e procedimentos computacionais (algoritmos) que caracterizam as propriedades formais de uma geometria”.

Para além da modelagem geométrica digital, na modelagem paramétrica há um conjunto de regras dinâmicas que permite “modelar e controlar sequências complexas da tomada de decisões, refinando-as em um processo iterativo” (Gramzio; Kohler, 2008, p.181). E estas regras “capturam não apenas o estado final do projeto (o produto), como os modos como o estado final foi alcançado (o processo), juntamente com as demais alternativas projetuais que foram testadas e rejeitadas (os potenciais)” (Gu; Ostwald, 2012, p.415).

Sousa, Dionisi e Castro (2019) utilizaram a modelagem paramétrica para prática de um projeto arquitetônico na “Oficina de Projeto Computacional”, do programa de pós-graduação em arquitetura, design e meio ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A experiência foi considerada pelos autores como “uma mudança de paradigma em relação aos softwares CAD convencionais, pois o processo inicial de projeto se volta mais aos parâmetros que estabelecem a forma do que o próprio desenho da forma em si” (Souza; Dionisi; Castro, 2019, p.120). Os autores constataram que o uso da modelagem paramétrica é uma alternativa aos recursos tradicionais de projeto e que apresenta vantagens na velocidade com que as formas são geradas, sem a necessidade de criação de um novo modelo para esse fim.

Todavia, apesar da complexidade inerente à modelagem paramétrica – segundo Pottman *et al* (2007), é necessário um conhecimento em geometria além dos tradicionalmente ensinados em disciplinas de desenho técnico e geometria descritiva para compreender a tecnologia do projeto paramétrico -, é possível aplicar experiências com abordagens mais simples para possibilitar a inclusão da ferramenta em disciplinas introdutórias no campo de Engenharia, Arquitetura e Construção Civil (AEC).

Nogueira *et al* (2015) alertam apenas que, ao utilizar-se a modelagem paramétrica em experiências no início dos cursos, como estratégia, adote-se a manipulação de parâmetros previamente programados, pois, “as habilidades necessárias para o uso das ferramentas de desenho paramétrico poderiam desestimular estudantes de estágios iniciais de formação” (Nogueira *et al*, 2015, p.311).

Neste sentido, Mendes, Lima e Griz (2018) abordaram a modelagem paramétrica no ensino da disciplina de Desenho Técnico aplicando-a à construção de cobogós, obtidos pela manipulação de estruturas geométricas básicas por meio de círculos e polígonos, triângulos e quadrados parametrizados. Os autores concluíram, que esta experiência:

demonstrou a urgência de propormos novas metodologias de ensino que incorporem as tecnologias digitais na área de ensino da geometria gráfica, constituindo uma associação do conhecimento tradicional para a apropriação consciente dos recursos tecnológicos atuais. (Mendes; Lima; Griz, 2018, p. 388).

Mais próximo ao objeto de estudo deste artigo, Santos *et al* (2012) utilizaram técnicas de ensino de geometria para demonstrar teoremas e postulados matemáticos em um curso de licenciatura em Expressão Gráfica, adotando a parametrização aplicada às geometrias planas e à construção de poliedros regulares.

Portanto, é possível concluir que a modelagem paramétrica pode ser adotada como instrumento didático-pedagógico em experiências pontuais de menor complexidade, envolvendo formas mais simples, a partir de elementos e processos de construção gráfica já conhecidos pelos estudantes, e sobretudo atentando para a possibilidade de utilizar-se de manipulação de parâmetros previamente definidos. No caso deste artigo, a proposta se pauta em parametrizar prismas e pirâmides para melhor compreensão do conteúdo de poliedros irregulares, na disciplina de Desenho Técnico, para os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Sanitária e Ambiental.

3 Metodologia

O estudo adotou metodologia experimental com aplicação de pesquisa-ação. Foi elaborado um experimento com modelagem paramétrica de poliedros irregulares: prismas e pirâmides. A pesquisa foi desenvolvida no âmbito do ensino da disciplina de Desenho Técnico com três turmas de Engenharias: 1) Engenharia Sanitária e Ambiental, semestre letivo 2023.1; 2) Engenharia Civil, semestre 2023.1; e 3) Engenharia Civil, 2023.2.

O experimento se dividiu em quatro etapas (Tabela 1): a) Aula teórico-conceitual; b) Pré-parametrização; c) Experiência com modelagem paramétrica; e d) Pós-parametrização.

Tabela 1 - Quadro síntese das etapas do experimento

ETAPAS DO EXPERIMENTO	
a) AULA TEÓRICO-CONCEITUAL	Aula teórico-conceitual sobre sólidos geométricos + Exercício de fixação com planificação dos sólidos
b) PRÉ-PARAMETRIZAÇÃO	Aplicação de exercício em formulário eletrônico com 8 questões sobre prismas e pirâmides
c) EXPERIÊNCIA COM MODELAGEM PARAMÉTRICA	Exercício de manuseio da lógica paramétrica para modelagem de prismas e pirâmides em Rhinoceros + Grasshopper
d) PÓS-PARAMETRIZAÇÃO	Aplicação de exercício em formulário eletrônico com repetição das 8 questões do exercício Pré-parametrização + 2 questões de sondagem

Fonte: Acervo dos autores, 2023.

A primeira etapa consistiu em uma aula teórico-conceitual em que foram caracterizados e classificados os tipos de sólidos geométricos, e foi realizado um exercício de fixação com a planificação de poliedros regulares e irregulares para a confecção de maquetes. Neste momento, foram também revisados e aplicados os conhecimentos de geometria plana, sobretudo na construção gráfica dos polígonos que compunham os poliedros em estudo.

A segunda etapa, pré-parametrização, com ênfase nos poliedros irregulares, utilizou um formulário eletrônico composto por oito questões, que abordou elementos de construção de prismas e pirâmides, e sua classificação entre reto e oblíquo, conforme segue:

Questão 1: Utilizando o procedimento de construção da circunferência a partir dos parâmetros do ponto de centro e raio, é possível desenvolver uma circunferência com:

- a) Medida de raio apenas com números pares;
- b) Medida de raio apenas com números ímpares;
- c) Medida de raio apenas com números inteiros;
- d) Qualquer medida de raio. ☒

Questão 2: Considerando o procedimento de construção de um polígono regular a partir da divisão de uma circunferência em partes iguais, é possível construir o polígono com:

- a) Apenas números inteiros de lados acima de 3; ☒
- b) Apenas números inteiros de lados;
- c) Qualquer número de lados;

Questão 3: A partir de uma base poligonal, para construir uma pirâmide é necessário ligar os vértices do polígono de base a:

- a) Uma reta;
- b) Uma circunferência;
- c) Um ponto (vértice); ☒
- d) Um outro polígono.

Questão 4: A partir de uma base poligonal, para construir um prisma é necessário ligar os vértices do polígono de base a:

- a) Uma reta;
- b) Uma circunferência;
- c) Um ponto (vértice);
- d) Um outro polígono. ☒

Considerando o ponto do centro do polígono da base inferior com coordenadas 0,0,0 (x,y,z), responda às seguintes questões:

Questão 5: Para um prisma ser classificado como reto, é necessário que as coordenadas do centro do polígono da base superior tenham:

- a) X igual a 0;
- b) Y igual a 0;
- c) Z igual a 0;
- d) X e Y iguais a 0. ☒

Questão 6: Para um prisma ser classificado como oblíquo, é necessário que as coordenadas do centro do polígono da base superior tenham:

- a) X diferente de 0;
- b) Y diferente de 0;
- c) Z diferente de 0;
- d) X e/ou Y diferente(s) de 0. ☒

Questão 7: Para uma pirâmide ser classificada como reta, é necessário que as coordenadas do vértice superior tenham:

- a) X igual a 0;
- b) Y igual a 0;
- c) Z igual a 0;
- d) X e Y iguais a 0. ☒

Questão 8: Para uma pirâmide ser classificada como oblíqua, é necessário que as coordenadas do vértice superior tenham:

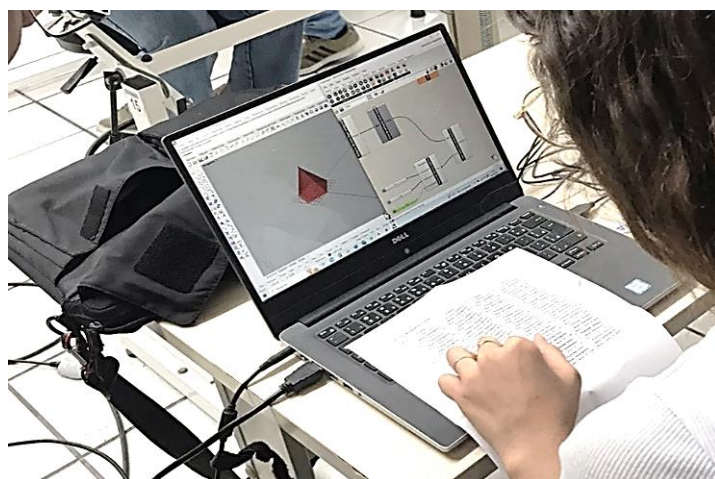
- a) X diferente de 0;
- b) Y diferente de 0;
- c) Z diferente de 0;
- d) X e/ou Y diferente(s) de 0. ☒

Na sequência, os estudantes participaram de uma experiência com manuseio da modelagem paramétrica de prismas e pirâmides por meio do *software* Rhinoceros e seu *plug-in* Grasshopper. Foi realizado um exercício em que foram fornecidas informações de alguns sólidos - prisma ou pirâmide, polígono de base, medida de raio, altura, classificação entre reto ou oblíquo -, e foi solicitada a simulação na modelagem paramétrica (Figura 1).

A lógica paramétrica (Figura 2) foi pré-definida pelos pesquisadores e explorou a composição dos sólidos considerando a seguinte sequência de procedimentos:

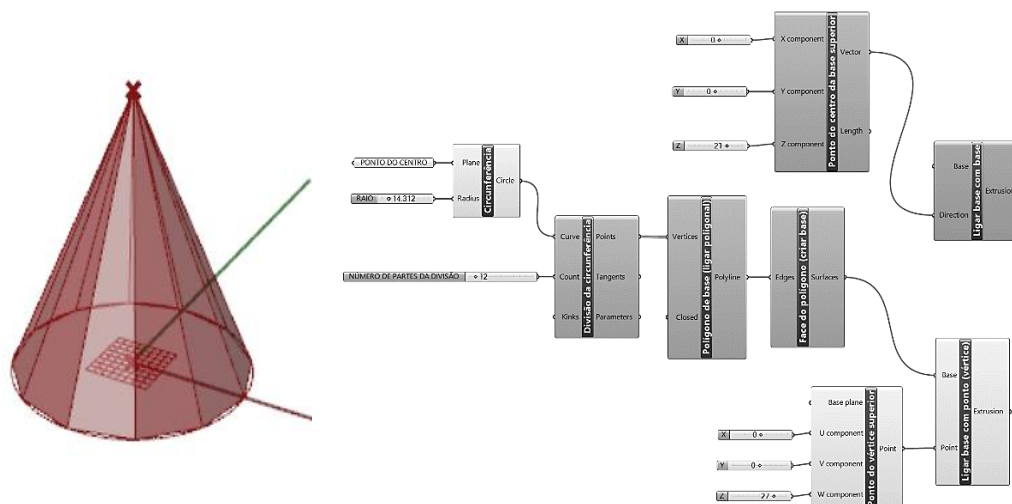
- 1) Partiu-se de um ponto, centro da base do poliedro, na origem (coordenadas 0,0,0);
- 2) Traçou-se uma circunferência de raio variável;
- 3) Dividiu-se a circunferência em n partes iguais a partir de 3;
- 4) Ligaram-se os pontos da divisão da circunferência em uma linha poligonal fechada;
- 5) Compôs-se a superfície do polígono regular, base do poliedro;
- 6) Efetuou-se uma extrusão: ou para um ponto – vértice da pirâmide -, ou para outra superfície igual à base, compondo o prisma;
- 7) Manuseou-se as coordenadas do vértice, no caso da pirâmide, ou do centro da base superior, no caso do prisma, gerando a geometria tridimensional e simulando a diferença entre o poliedro reto ou oblíquo.

Figura 1 – Manuseio da modelagem paramétrica pela estudante



Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Figura 2– Modelagem paramétrica de uma pirâmide no software Rhinoceros e Grasshopper



Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Para concluir o experimento, os estudantes utilizaram o formulário Pós-parametrização, que foi composto pelas mesmas oito questões da Pré-parametrização – a fim de estabelecer comparativos –, acrescentado de duas questões exploratórias sobre experiência:

Questão 9: Você considera que esta experiência com modelagem paramétrica contribuiu para sua compreensão do assunto poliedros irregulares?

- a) Sim, muito;
- b) Sim;
- c) Não, foi irrelevante;
- d) Não participei da experiência com modelagem paramétrica.

Questão 10: Comente sua resposta anterior.

4 Resultados e discussões

Após a aplicação do experimento, procedeu-se à coleta e análise dos dados quantitativos e qualitativos. A partir das respostas aos formulários eletrônicos, foi possível comparar o nível de acertos relativo às oito questões objetivas acerca do conteúdo poliedros irregulares, para as três turmas em análise, e nas duas etapas do experimento: Pré e Pós parametrização (Tabela 2).

Foi possível também realizar um balanço do índice de acertos considerando o somatório de todas as questões por turma. Na turma de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2023.1, o experimento foi realizado com 31 respondentes. A quantidade de acertos no somatório das oito questões foi de 118 (47,6%) na etapa pré-parametrização, e de 211 (85,1%) na pós-parametrização.

Na turma de Engenharia Civil do semestre 2023.1, o experimento foi realizado com 36 respondentes na etapa pré-parametrização, e 34 na pós-parametrização. O número de acertos total foi de 171 (59,4%) na pré-parametrização, e de 234 (86,0%) na pós-

parametrização. E na turma de engenharia civil do semestre 2023.2, o experimento foi realizado com 26 respondentes, obtendo um total de 138 acertos (66,3%) na pré-parametrização, e de 164 (78,8%) na pós-parametrização.

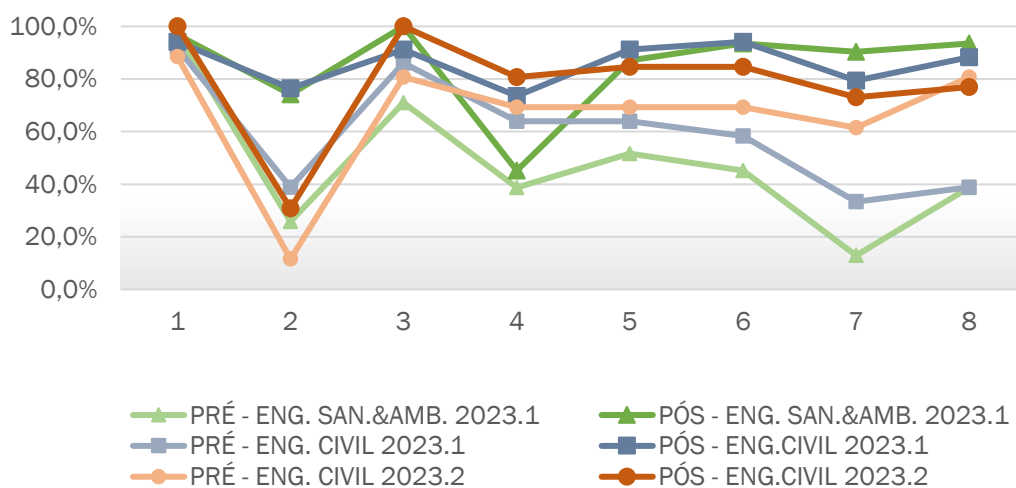
Tabela 2 – Percentual de acertos por questão, nas etapas pré e pós parametrização, turmas de Engenharia Sanitária e Ambiental 2023.1, Engenharia Civil 2023.1 e 2023.2

QUESTÃO	ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2023.1		ENGENHARIA CIVIL 2023.1		ENGENHARIA CIVIL 2023.2	
	Acertos PRÉ	Acertos PÓS	Acertos PRÉ	Acertos PÓS	Acertos PRÉ	Acertos PÓS
1	96,8%	96,8%	91,7%	94,1%	88,5%	100,0%
2	25,8%	74,2%	38,9%	76,5%	11,5%	30,8%
3	71,0%	100,0%	86,1%	91,2%	80,8%	100,0%
4	38,7%	45,2%	63,9%	73,5%	69,2%	80,8%
5	51,6%	87,1%	63,9%	91,2%	69,2%	84,6%
6	45,2%	93,5%	58,3%	94,1%	69,2%	84,6%
7	12,9%	90,3%	33,3%	79,4%	61,5%	73,1%
8	38,7%	93,5%	38,9%	88,2%	80,8%	76,9%

Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

A comparação dos resultados também pôde ser observada através do gráfico apresentado na Figura 3, demonstrando a oscilação do percentual de acertos para as oito questões que compunham os formulários eletrônicos, entre as três turmas, e entre a etapa anterior e posterior à experiência com modelagem paramétrica.

Figura 3 – Gráfico dos percentuais de acertos nas etapas pré e pós parametrização, turmas de Engenharia Sanitária e Ambiental 2023.1, Engenharia Civil 2023.1 e 2023.2



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Analisando os resultados quantitativos, com base nos dados pré e pós parametrização, observou-se que, predominantemente, para as três turmas, os estudantes obtiveram maior índice de acertos após uso de modelagem paramétrica, inclusive havendo ocorrências de

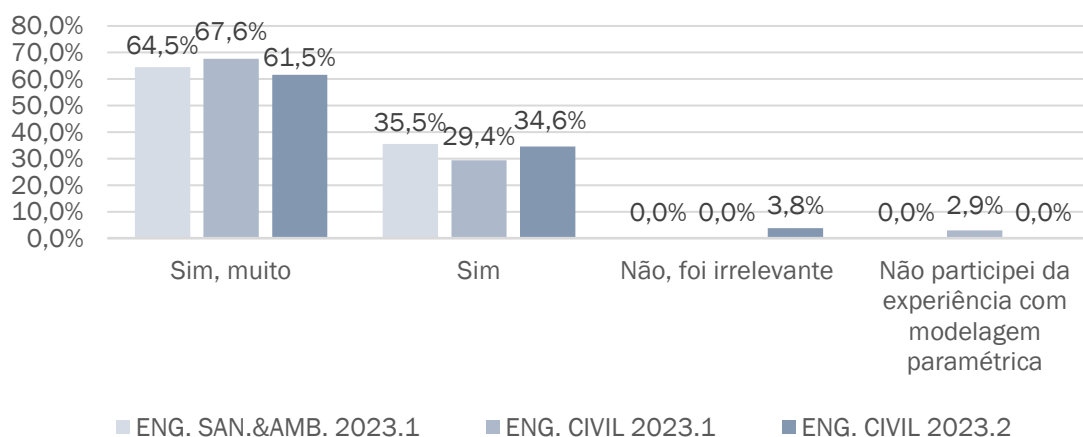
100% de acertos em algumas questões na etapa pós-parametrização. A exceção ocorreu apenas na turma de Engenharia Civil 2023.2, em que, na questão 8, houve um percentual de acerto discretamente maior na etapa pré-parametrização comparada à pós-parametrização.

A turma de Engenharia Sanitária e Ambiental 2023.1 foi a que demonstrou maior evolução no índice de acertos entre as etapas de pré e pós parametrização, havendo um aumento de 37,5% no percentual de acertos após o uso de modelagem paramétrica, considerando o somatório de todas as questões. Já a turma de Engenharia Civil 2023.1 computou um aumento de 26,6% no total de respostas corretas após parametrização; e a turma de Engenharia Civil 2023.2 melhorou 12,5% o índice de acertos após a experiência com modelagem paramétrica.

Pôde-se observar que, no geral, a maior dúvida ocorreu na questão 2 dos formulários eletrônicos. Esta pergunta questionava em quantas partes era possível dividir uma circunferência para gerar o polígono de base do poliedro, tendo como alternativas de resposta: a) Apenas números inteiros; b) Apenas números inteiros acima de 3; e c) Qualquer número. A resposta correta era a alternativa b, considerando que não é possível criar um polígono com número de vértices menor que 3. Entretanto, as demais alternativas obtiveram também um grande percentual de respostas, gerando um índice de acerto baixo nesta questão.

Em relação à avaliação dos estudantes acerca da contribuição do experimento, o formulário pós-parametrização constava da seguinte pergunta: “Você considera que esta experiência com modelagem paramétrica contribuiu para sua compreensão do assunto poliedros irregulares?”. Os resultados a esta questão, apresentados no gráfico a seguir (Figura 4), demonstram a aceitação do experimento pelos estudantes.

Figura 4 – Avaliação da contribuição da modelagem paramétrica para a compreensão dos poliedros irregulares, turmas de Engenharia Sanitária e Ambiental 2023.1, Engenharia Civil 2023.1 e 2023.2



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

De maneira qualitativa, foi possível analisar os comentários dos estudantes quando justificaram suas respostas à questão anterior, acerca da experiência com modelagem paramétrica e sua contribuição para a compreensão do conteúdo poliedros irregulares. Alguns depoimentos merecem destaques:

Estava com dificuldade para entender como funcionava e criar na mente a projeção de todos esses termos que estudamos, então observando a prática de modelagem tridimensional ajudou bastante na compreensão. (Respondente nº21, turma de Engenharia Sanitária e Ambiental 2023.1).

Eu considero que a experiência com modelagem paramétrica contribuiu para a minha compreensão pois como os poliedros irregulares são tridimensionais, pela experiência foi possível analisar de melhor forma como funciona a mudança da quantidade de arestas da base, o tamanho do raio e principalmente a mudança dos valores dos eixos x, y e z que eu não havia compreendido somente com a aula. (Respondente nº11, turma de Engenharia Civil 2023.1).

A possibilidade de ir além de uma figura estática ajuda muito na compreensão. É diferente da produção de maquetes físicas, que demoram algum tempo e exigem uma certa habilidade manual para ser produzidas, nessas modelagens por computador fica tudo tão fácil, dá para fazer várias em minutos, e visualmente fica muito simples de entender. (Respondente nº17, turma de Engenharia Civil 2023.2).

Portanto, identificou-se que o experimento foi exitoso em termos quantitativos e qualitativos. A modelagem paramétrica foi eficaz como instrumento didático-pedagógico, e promoveu autonomia no processo ensino-aprendizado, uma vez que possibilitou que o estudante desenvolvesse seu próprio raciocínio, e/ou tirasse suas dúvidas, com base nos resultados gráficos verificados pela modelagem após a manipulação dos parâmetros da lógica paramétrica. Ou seja, promoveu a reflexão-na-ação, que foi imprescindível à evolução da compreensão acerca do assunto trabalhado. E este processo foi validado pelos depoimentos que representaram a consciência dos estudantes diante da contribuição da modelagem paramétrica para com seu aprendizado.

5 Conclusão

A modelagem paramétrica combina os conhecimentos fundamentais da geometria, inseridos na lógica algorítmica, para produção de modelos gráficos de maneira dinâmica, à medida em que os parâmetros são manuseados.

No experimento aplicado, por meio da ferramenta Rhinoceros em conjunto com o *plug-in* Grasshopper, os estudantes puderam controlar digitalmente os parâmetros que compunham os poliedros para, posteriormente, explorá-los na geração de suas formas. Essa abordagem paramétrica possibilitou então que os estudantes compreendessem como a alteração das variáveis influenciava a composição da geometria.

O exercício facilitou a compreensão dos conceitos apresentados na aula teórica, possibilitando, por exemplo, visualizar os efeitos das variações dos parâmetros que diferenciavam um prisma de uma pirâmide, e sua classificação como reto ou oblíquo.

Os resultados quantitativos demonstraram que os acertos obtidos na etapa pós-parametrização foram superiores aos da fase pré-parametrização, para as três turmas – Engenharia Civil 2023.1 e 2023.2, e Engenharia Sanitária e Ambiental 2023.1. Qualitativamente, a ferramenta também foi bem aceita pelos estudantes, proporcionando visualização, compreensão e motivação.

Pode-se concluir, portanto, que a modelagem paramétrica é uma ferramenta tecnológica oportuna como recurso didático-pedagógico para a compreensão das formas geométricas tridimensionais, tais quais os prismas e pirâmides. Isto porque, uma vez que a modelagem é dinâmica e imediata, e não estática, é possível visualizar e refletir a partir das mudanças das variáveis (parâmetros), proporcionando o aprendizado fundamentado na reflexão-nação, promovendo, assim, autonomia e potencializando o caráter ativo no processo de aprendizagem.

Este estudo contribui então com a busca por um ensino mais atualizado em práticas pedagógicas e tecnológicas, refletindo a necessidade de adaptação às demandas contemporâneas da educação em engenharia e áreas afins.

Colaboradores

Laíze Asevedo contribuiu com a concepção do estudo, elaboração dos instrumentos de pesquisa, aplicação do experimento, análise e interpretação dos dados.

Verner Monteiro e Deisyanne Medeiros contribuíram com a concepção do estudo, elaboração dos instrumentos de pesquisa, análise e interpretação dos dados.

Karoline Alves e Larissa Silva contribuíram com a aplicação do experimento, análise e interpretação dos dados.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – campus Natal Central pelo financiamento deste estudo, e pelos colaboradores Luiz Rafael Félix da Cruz e Graziela Hellen De Paiva Costa, que participaram da equipe da pesquisa.

Referências

FLORIO, Wilson. Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. In: **Gestão e Tecnologia de Projetos**. Vol. 6, N. 2, p. 43-66. São Carlos, 2011.

GRAMAZIO, F.; KOHLER, M. **Digital Materiality in Architecture**. Zurich: Lars Muller Publishings, 2008.

- GU, N.; OSTWALD, M. J. Computational methods and technologies: Reflections on their impact on design and education. In: **Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education**. p.412–419, 2012. IGI Global.
- KOLAREVIC, B. The (risky) craft of digital making. In: **Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture**. New York: Routledge, 2008.
- MENDES, Letícia; LIMA, Elton; GRIZ, Cristiana. The use of parametric modeling and rapid prototyping in teaching graphic expression. In: **Blucher Design Proceedings of XXII SIGraDi**. Vol. 5, N. 1. São Carlos: Ed. Blucher, 2018.
- NOGUEIRA, T.; BORDA, A.; FELIX, L.; VASCONCELOS, T. O agir na urgência e o decidir na incerteza: entre métodos e tecnologias de representação gráfica. In: **Proceedings of III Aproped's International Conference & XI International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design**, 2015.
- POTTMANN, H.; ASPERL, A.; HOFER, M.; KILIAN, A.. **Architectural Geometry**. Exton: Bentley Institute Press, 2007.
- SANTOS, A. C. dos; VAZ, C. E. V. P.; DUARTE, D. C.; PINHEIRO, M. E. R., LINS, J. V. O uso das ferramentas de desenho paramétrico no ensino da geometria gráfica: o caso dos poliedros. In: **Proceedings of IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica En Ingeniería, Arquitectura y Áreas Afines (EGraFIA)**, p.291–294, 2012.
- SCHEER, D. **The death of drawing: architecture in the age of simulation**. New York: Routledge, 2014.
- SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SOUSA, Nilberto; DIONISI, Alessio; CASTRO, Clodoaldo. Modelagem Paramétrica: Projeto de uma Passagem Coberta em Estrutura de Madeira. In: **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 109–120, 2019. DOI: 10.21680/2448-296X.2019v4n2ID18425. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/18425>>. Acesso em: 15 abr. 2024.
- WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. New York: Routledge, 2010.