ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Modelos físico-digitais para o ensino de representação gráfica

Physical-digital models for teaching graphic representation

Louise Logsdon
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso | Cuiabá-MT | Brasil | Logsdon.louise@ifmt.edu.br
Tafate Maria Giovaneis de Oliveira
Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo | São Carlos-SP | Brasil | tafateoliveira22@gmail.com
Luiz Davi Silva Vardasca
Universidade Federal de Mato Grosso | Cuiabá-MT | Brasil | luizdavivardasca@gmail.com

Resumo

Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa que tem como objetivo desenvolver modelos físicos e digitais de edificações e sistemas construtivos, através de modelagem e fabricação digital, a fim de serem utilizadas como recurso didático em disciplinas de representação gráfica. Para tal, adotou a abordagem metodológica da Design Science Research (DSR) e foi dividida em cinco etapas: (1) identificação do problema; (2) entendimento do tema; (3) proposição do artefato – no caso, os modelos físicos-digitais tidos como recursos didáticos; (4) uso e avaliação do artefato; (5) organização das contribuições. Neste momento, trazemos aqui os resultados parciais da pesquisa e compartilhamos com a comunidade acadêmica todos os modelos digitais desenvolvidos, através de um link para download. Nesta biblioteca digital encontram-se modelos de edificações e sistemas construtivos desenvolvidos e configurados para a impressão 3d, de tal forma que mais instituições possam fabricar tudo que está sendo proposto aqui como recurso didático para o ensino de representação gráfica.

Palavras-chave: modelagem e fabricação digital; recursos didáticos; modelos digitais.

Abstract

This paper is part of a research project that aims to develop physical and digital models of buildings and construction systems, through modeling and digital fabrication, in order to be used as a teaching resource in graphic representation. Faced with this, it is adopted the Design Science Research (DSR) methodological approach, splited into five stages: (1) identification of the problem; (2) understanding of the topic; (3) proposition of the artifact – in this case, the physical-digital models considered as teaching resources; (4) use and evaluation of the artifact; (5) organization of contributions. At this time, we bring here the partial results of the research, sharing to the comunity a download link with all the digital models developed. This digital library contains models of buildings and construction systems developed and configured for 3D printing so that more institutions can manufacture everything that is being proposed here as a teaching resource for graphic representation.

Keywords: digital fabrication; didactic resources; physical models.

Como citar:
LOGSDON, L.; OLIVEIRA, T. M. G.; VARDASCA, L. D. S. Modelos físico-digitais para o ensino de representação gráfica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

As disciplinas de representação gráfica, comumente chamadas de desenho técnico e arquitetônico, são comuns aos cursos técnicos e superiores de construção civil, incluindo edificações, arquitetura e engenharia. Nestas, o estudante retoma conhecimentos de geometria e matemática e vai sendo direcionado à compreensão dos sistemas de projeções ortogonais, que é base para o conceito de representação das edificações em plantas, cortes e elevações. Ao fim das ementas, o objetivo é que o estudante seja capaz de representar, ler e interpretar projetos arquitetônicos, o que envolve a comunicação através da representação gráfica, no desenho.

A dificuldade dos estudantes na leitura e representação dos sistemas ortogonais é notada pelos docentes, na prática da sala de aula. A pandemia foi ainda um fator que intensificou essa problemática, visto que as aulas remotas ampliaram a distância entre docente, discentes e os laboratórios práticos de desenho. No retorno presencial, em 2022, foi necessário retomar conteúdos e utilizar mais elementos didáticos, para suprir um conhecimento que ainda não estava consolidado.

A evolução dos cursos da construção civil, que demanda a inserção de novas tecnologias de projeto e construção, em conjunto com as exigências de redução de carga horária pelo próprio Ministério da Educação, têm relegado cada vez mais a importância dos conteúdos básicos, onde se inclui a área da representação gráfica. Sem dominar o básico, no entanto, o estudante encontra dificuldades ao longo do restante do curso. Como projetar o desconhecido? Como executar o que não está bem representado ou, pior, aquilo que eu não consegui ler?

Pesquisas anteriores já apontavam a queixa, por parte dos professores, de que os estudantes chegavam ao final do curso com desenhos inconsistentes, com erros na correlação entre plantas e cortes, e na própria representação equivocada que aponta ao desconhecimento dos materiais de construção ou do sistema estrutural adotado, por exemplo [1]. Nunes, Martins e Souza [2] justificam essa dificuldade pela deficiência curricular de representação gráfica e porque ensinar desenho técnico significa ensinar a abstrair, algo que é quase subjetivo. Um desenho técnico nada mais é que a abstração em duas dimensões de um volume tridimensional, utilizando recursos da geometria descritiva e projetiva [3].

Acredita-se que essa dificuldade de abstração pode ocorrer, em parte, pela abordagem didática com recursos bidimensionais: explanação oral e demonstração dos planos projetado em telões, com uso de aparelhos datashow. A incorporação dos sistemas CAD (Computer Aided Design) e BIM (Building Information Modeling) nas disciplinas de representação gráfica, diferente do que pode parecer, tem dividido a atenção entre o aprendizado conceitual e visual com o operacional dos softwares. O estudante acaba mais preocupado em buscar os comandos do programa do que entender aquilo que deve ser representado. E não é possível pular essa etapa [2], [4].

Percebe-se, portanto, a necessidade de um maior embasamento do estudante quanto aos planos no início das disciplinas, sendo necessário uma demonstração no ambiente físico antes de passar ao virtual. Além disso, é de extrema importância que os estudantes explorem a capacidade de abstração e espacialidade necessárias para a leitura e compreensão de plantas e vistas ortográficas.

Para Pitano e Roqué [4], o uso de maquete física é um recurso didático eficiente na visualização tridimensional, que facilita a compreensão do projeto de edificações. Como representação dos objetos – em escala reduzida, real ou ampliada – possibilita ao observador sua manipulação, visualização e apropriação. Em um ambiente de

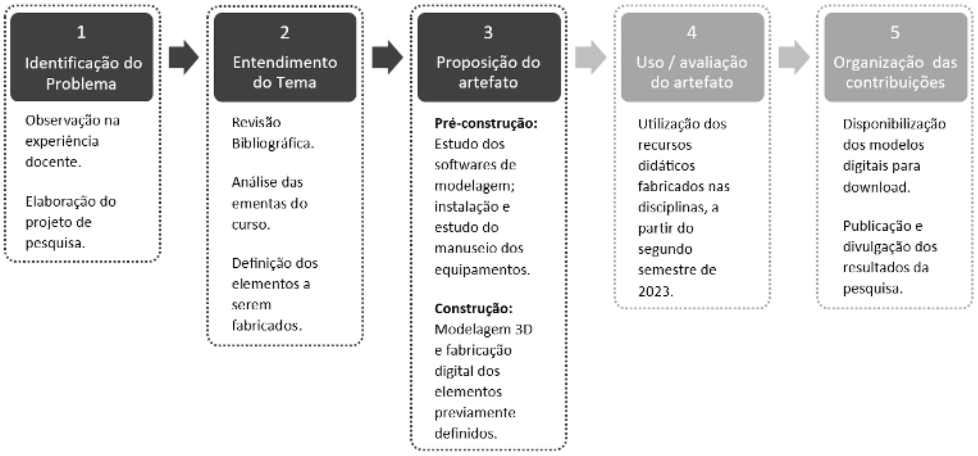
ensino, é um instrumento de análise e síntese. Oliveira e Malanski [5] acrescentam que a maquete permite a inclusão social de pessoas portadoras de deficiência visual parcial ou total, neste caso, aplicada com a devida metodologia.

O professor, enquanto mediador da aprendizagem, ao perceber dificuldades no processo pode lançar mão de diferentes instrumentos educacionais, buscando melhorar a apreensão do conteúdo pelos distintos perfis de alunos. Com este fim, o **objetivo** deste trabalho é desenvolver modelos físicos e digitais de edificações e sistemas construtivos, através de modelagem e fabricação digital, a fim de serem utilizadas como recurso didático nas disciplinas de representação gráfica. Os modelos digitais, em formato .skp e .stl, também configurados para a impressão 3D, em formato Gcode, serão disponibilizados para download ao fim deste artigo.

MÉTODOS

Este artigo é parte de um projeto de pesquisa centrado na abordagem da Design Science Research, que foi dividido em cinco etapas: (1) identificação do problema; (2) entendimento do tema; (3) proposição do artefato; (4) uso e avaliação do artefato; (5) organização das contribuições (Figura 1). O artigo compreende as três primeiras etapas e compartilha com a comunidade o artefato produzido. A etapa de uso/avaliação do artefato ainda está em andamento e deverá ser publicado assim que concluída, em periódico da área da construção civil e/ou ensino de projeto. Neste momento, optamos por concentrar os resultados da construção do artefato.

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: os autores.

CONSTRUÇÃO DO ARTEFATO

Foram escolhidos 4 projetos de habitação de interesse social[1] (HIS) e um sobrado genérico. As HIS têm áreas de 37m² a 47m², com dois quartos, sala, cozinha e banheiro. O sobrado tem 102m², com sala, cozinha, lavabo, dois quartos e banheiro. O método abrange desde a importação do desenho até a obtenção dos modelos finais.

[1] Tratam-se projetos aprovados pelo Programa Minha Casa Minha Vida, faixa 1, em Cuiabá-MT.

O processo de modelagem tridimensional começou com a importação de desenhos técnicos bidimensionais em formato CAD para o SketchUp, com o objetivo de criar uma representação digital do objeto de estudo para visualização e impressão 3D. Uma vez importados os desenhos no SketchUp como base, realizou-se a modelagem geral dos objetos, considerando suas formas e estruturas. Foi adotado o nível de detalhe LOD 300, de acordo com o padrão apresentado pelo BIM Forum [6], garantindo que as características essenciais do objeto pudessem ser diretamente medidas no modelo. A modelagem priorizou a estrutura fundamental das habitações, como piso, paredes, laje e telhado, com esquadrias e aberturas simplificadas para se adequarem à escala de impressão escolhida, sendo esta a de 1:50. As partes foram subdivididas de acordo com as seções predefinidas: Planta Baixa, Corte Transversal e Corte Longitudinal, para auxiliar na compreensão dos sistemas de projeção ortogonal e no desenvolvimento das vistas ortográficas.

Na modelagem para impressão 3D, é crucial considerar os requisitos e características de funcionamento das máquinas, como a impressão estratificada, onde cada camada é construída de baixo para cima. É recomendável posicionar o objeto com sua maior superfície como base, mesmo que isso envolva uma orientação diferente da original, para garantir sua estabilidade. Também é necessário analisar a geometria do objeto para identificar áreas que possam precisar de suporte. Alguns softwares oferecem a geração automática de suportes que ajudam a garantir a aderência do filamento na mesa e a forma desejada do objeto. Estes são removidos manualmente após a impressão.

Após a modelagem, o processo seguiu com o planejamento de impressão e montagem dos objetos, onde foram divididos em partes com base em sua geometria, escala de impressão e finalidade. A otimização consistiu em simplificar objetos complexos em partes mais simples, reduzindo o tempo e material necessários. Algumas peças foram rotacionadas para aumentar a estabilidade ou otimizar a impressão. Após a separação, cada parte foi exportada no formato STL e impressa usando os softwares Cura Ultimaker e Simplify3D, que foram selecionados por sua compatibilidade com as impressoras Ender 5 Plus e GTMax 3D Core H5, respectivamente.

Nos softwares de impressão, cada parte foi configurada conforme suas características e o material utilizado, incluindo detalhes como preenchimento, suportes, temperatura do bico e da mesa. As impressoras apresentaram desempenhos distintos com diferentes tipos de filamento, com PLA tendo resultados mais satisfatórios na Ender 5 Plus e ABS na GTMax 3D Core H5. As temperaturas foram ajustadas de acordo com as recomendações dos fabricantes para cada tipo de filamento. Componentes menores e detalhados foram impressos na Ender, enquanto a GTMax lidou melhor com objetos maiores e simplificados. Após as configurações finais, os arquivos foram exportados no formato GCODE, contendo as instruções específicas para cada impressora. O envio dos arquivos pode ocorrer de diferentes modos, como cartão de memória ou cabo USB para a Ender e conexão Wi-Fi para a GTMax.

Ao final do processo, cada parte do objeto resultou em três arquivos: um SKP contendo o modelo 3D, um STL para configuração nos softwares de impressão e um arquivo

GCODE para produção pelas impressoras. Como as modelagens originais das unidades habitacionais incluíam três visualizações distintas (Planta Baixa, Corte Transversal e Corte Longitudinal), cada uma composta por várias partes, foi necessário uma organização rigorosa. Todas as modelagens foram organizadas em pastas e subpastas, seguindo uma estrutura de códigos de nomes. O controle foi mantido por meio de uma planilha que abrangeu o fluxo de trabalho desde a geração da modelagem até a montagem e o registro fotográfico de cada peça. Isso ajudou a evitar erros como impressões repetidas ou envios inadequados de arquivos para as impressoras.

Antes de iniciar as impressões, a preparação da impressora foi realizada para garantir um funcionamento eficiente e evitar erros. Isso incluiu verificar a conexão do cabo de alimentação, limpar a mesa de impressão para garantir a aderência do material, inicializar a máquina e ativar o pré-aquecimento de forma manual. O estado do filamento foi verificado quanto à integridade e flexibilidade, com atenção especial para fragilidades devido à umidade, especialmente no PLA. Medidas foram tomadas em caso de comprometimento do filamento, como remoção de partes danificadas ou substituição integral. O nivelamento da mesa foi realizado para evitar desprendimento ou deformação da peça, de forma manual na Ender 5 Plus, e automática na GTMax. Após todas as verificações, as impressões foram iniciadas e as primeiras camadas foram cuidadosamente observadas para identificar possíveis problemas, como entupimentos do extrusor ou má aderência do material.

Adotamos uma abordagem de monitoramento contínuo durante o processo de impressão para evitar incidentes que pudessem resultar na perda da peça ou no desperdício de materiais. Estabelecemos intervalos regulares com base na estimativa de tempo fornecida pelos softwares de impressão e pelas próprias impressoras. Esse monitoramento nos permitiu tomar medidas adequadas para garantir a conclusão adequada das impressões ou interromper aquelas comprometidas, evitando perdas de tempo e material.

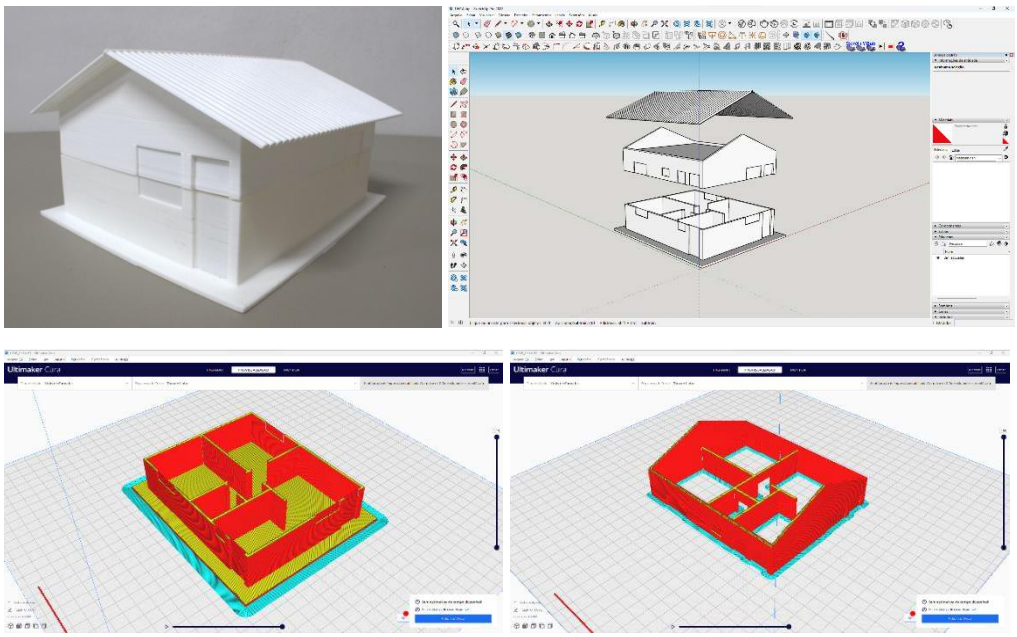
Após a conclusão das etapas de impressão, as peças são cuidadosamente retiradas das superfícies de impressão e armazenadas até que todas as partes do modelo sejam produzidas, iniciando então o processo de montagem. Durante esta etapa, são realizados ajustes de acabamento, como a remoção de suportes e camadas de aderência, e o refinamento de pequenas irregularidades, utilizando ferramentas manuais como alicates de precisão, lixas abrasivas e tecidos de limpeza. Todo o processo de finalização é conduzido manualmente para evitar deformações.

RESULTADOS

As maquetes referentes aos 4 projetos de habitação social foram denominadas em nossos arquivos como UH1, UH2, UH3 e UH4. Todos os projetos representam uma casa com área entre 36 e 47m², composta por 2 dormitórios, sala, cozinha e banheiro, construída com alvenaria de 15cm e telha cerâmica com inclinação de 30%. Para cada um dos projetos, foram produzidas 3 peças – 1 seção horizontal, para ilustrar a representação da planta baixa; 1 seção vertical longitudinal, para ilustrar a representação do corte longitudinal; e 1 seção vertical transversal, para ilustrar a

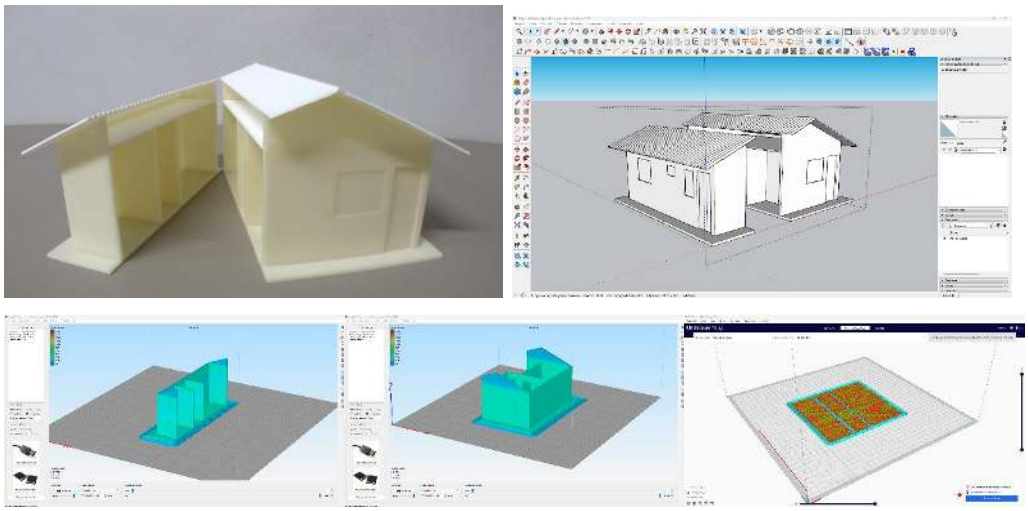
representação do corte transversal. Ou seja, para cada UH, existem 3 maquetes seccionadas de formas distintas, todas na escala 1/50, para que os estudantes pudessem entender e visualizar o que é uma planta baixa, um corte longitudinal e um transversal.

Figura 1: Maquete 1 da UH1



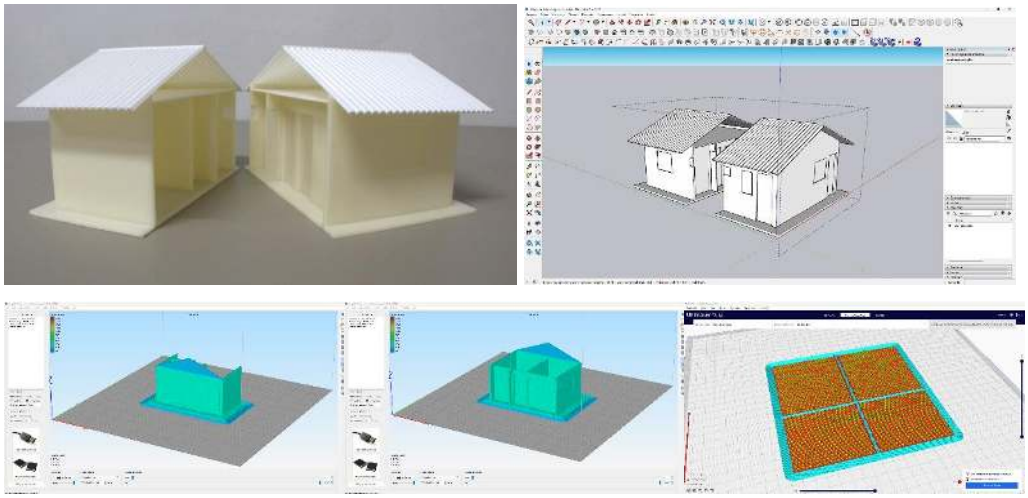
Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto; (b) modelo digital seccionado no SketchUp; (c) primeira parte da peça configurada para impressão no Cura; (d) segunda parte da peça configurada para impressão no Cura. Fonte: os autores.

Figura 2: Maquete 2 da UH1



Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto; (b) modelo digital seccionado no SketchUp; (c) primeira parte da peça configurada para impressão no Simplify 3D; (d) segunda parte da peça configurada para impressão no Simplify 3D; (e) terceira parte da peça configurada no Cura. Fonte: os autores.

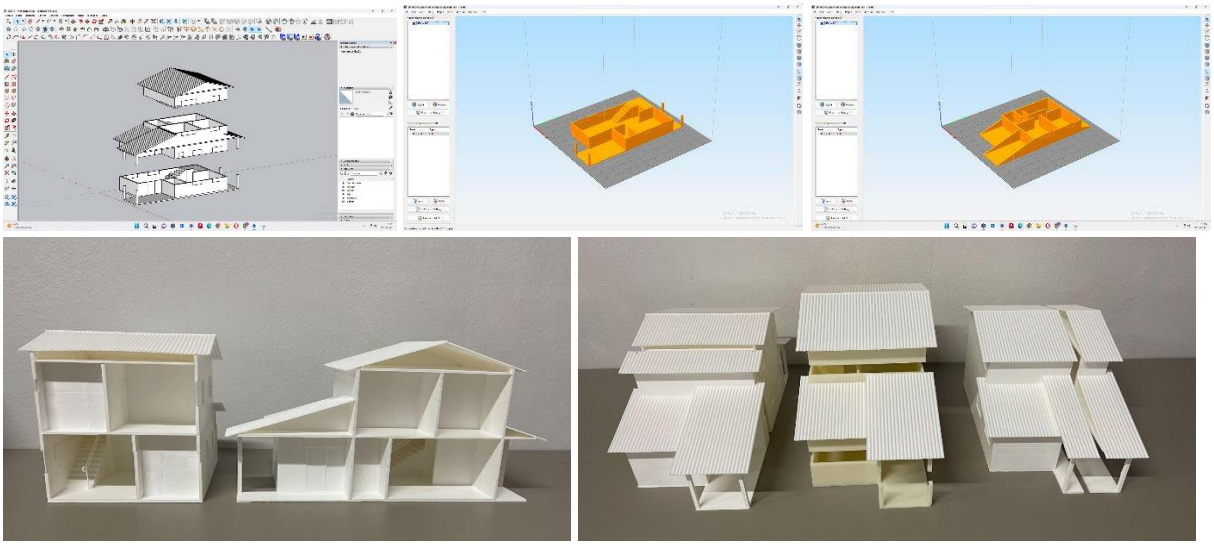
Figura 3: Maquete 3 da UH1



Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto; (b) modelo digital seccionado no SketchUp; (c) primeira parte da peça configurada para impressão no Simplify 3D; (d) segunda parte da peça configurada para impressão no Simplify 3D; (e) terceira parte da peça configurada no Cura. Fonte: os autores.

A próxima maquete representa o projeto de um sobrado. Trata-se de uma casa de dois pavimentos, com garagem, sala/cozinha integrada, banheiro social, área de serviço, escada, dois dormitórios e banheiro. Assim como nos modelos anteriores, foram impressas e montadas as seções horizontais e verticais para visualização e compreensão das plantas baixas e cortes.

Figura 4: Maquete do Sobrado

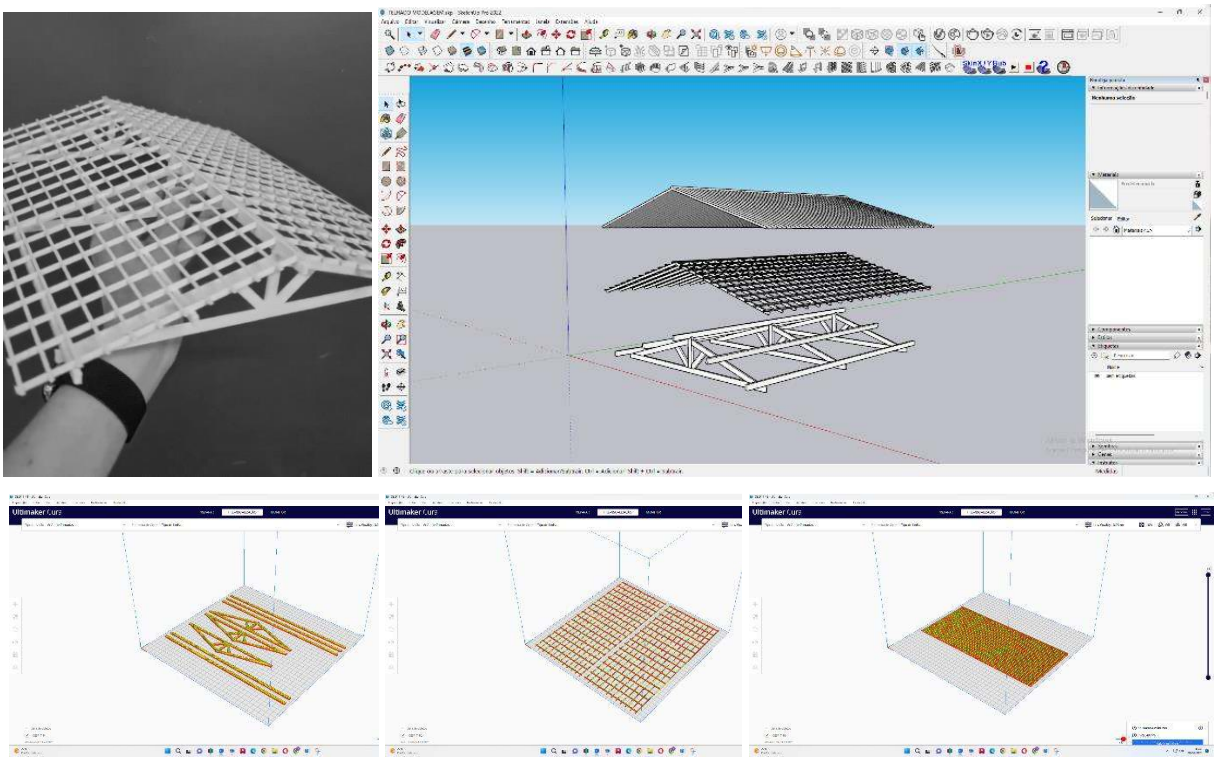


Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo digital seccionado no SketchUp; duas partes (b e c) configuradas para impressão; e fotos (d e e) dos modelos dos sobrados com separação das partes laterais representando os cortes transversal e longitudinal. Fonte: os autores.

Os tipos de telhado, bem como o cálculo das quantidades e dimensões de tesouras, terças e caibros é também parte da ementa de Desenho Arquitetônico. Sua representação gráfica é relativamente complexa, pela grande quantidade de peças que se sobrepõem. E a visualização dessas peças em um ambiente real é muito difícil (Como subir em um telhado, tirar as telhas para ver como as peças se encaixam?). Por

isso, foi produzida uma maquete de um telhado de 2 águas, em escala 1/25, com as peças do madeiramento sobrepostas e as telhas soltas. Dessa forma, os estudantes conseguem visualizar a composição e desenvolver os desenhos com mais facilidade. As peças foram todas impressas separadamente e depois coladas.

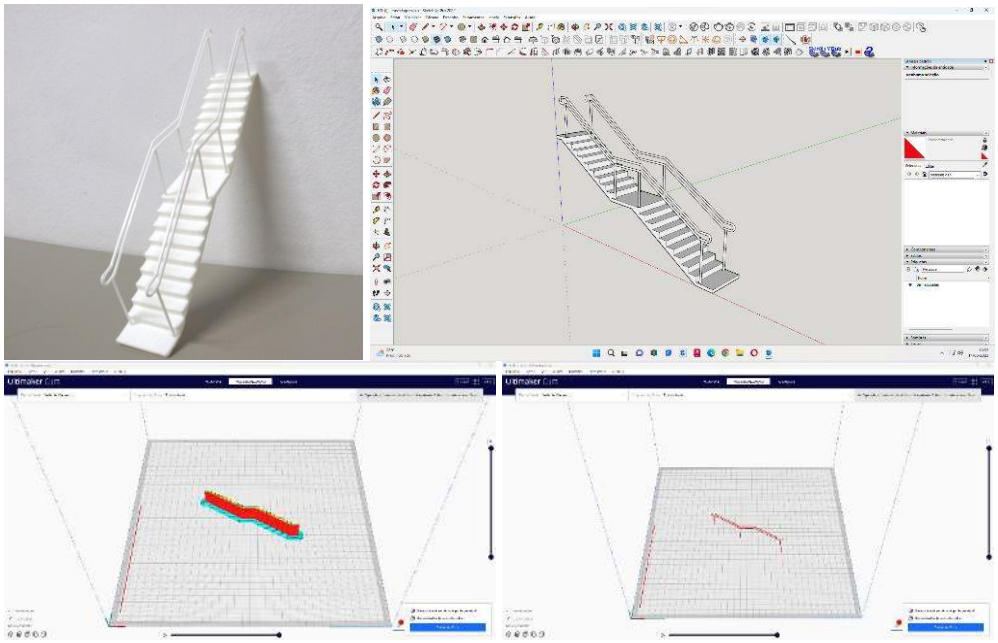
Figura 5: Maquete do Telhado



Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto, sem as telhas; (b) modelo digital seccionado no SketchUp; (c) primeira, (d) segunda e (e) terceira parte da peça configurada para impressão no Cura. Fonte: os autores.

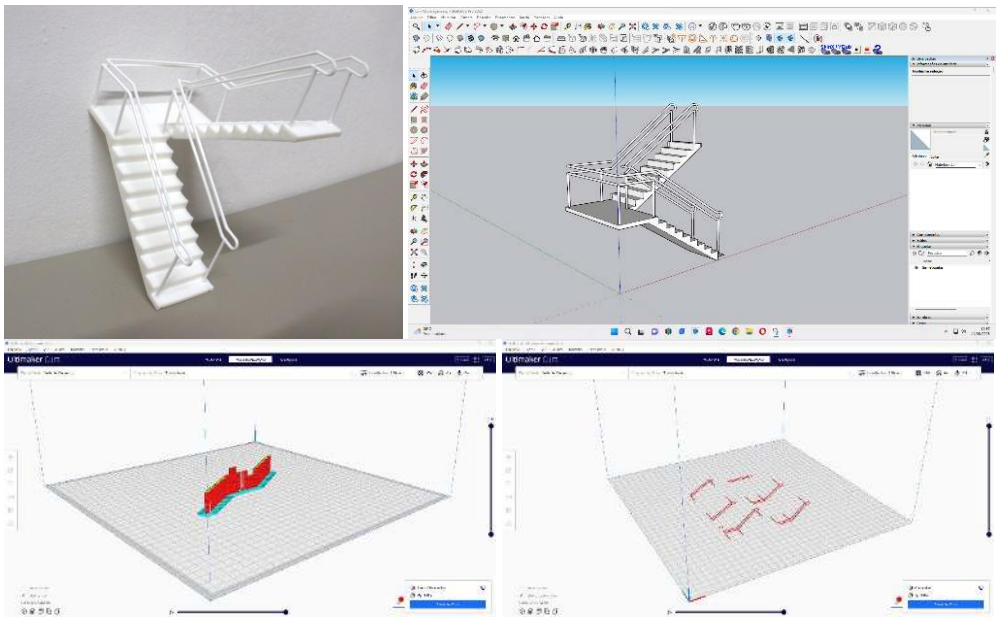
O cálculo e a representação gráfica de escadas também são conteúdo da disciplina de Desenho Arquitetônico. Os estudantes devem aprender a calcular a quantidade e as dimensões dos degraus (pisos e espelhos) conforme a norma e, a partir daí, projetar tipos de escada que atendam a determinado requisito – como caber em um determinado espaço, por exemplo. É necessário que eles entendam como diferentes modelos de escada ocupam mais ou menos espaço, para que tomem decisões de projeto mais eficientes. Por isso, foram criadas maquetes de vários tipos de escada, todas vencendo o mesmo vão, com a mesma quantidade e dimensão de degraus, na escala 1/50. As escadas tiveram que ser impressas em partes e depois coladas e, em alguns casos, ainda foi necessário utilizar suportes.

Figura 6: Maquete da Escada 1



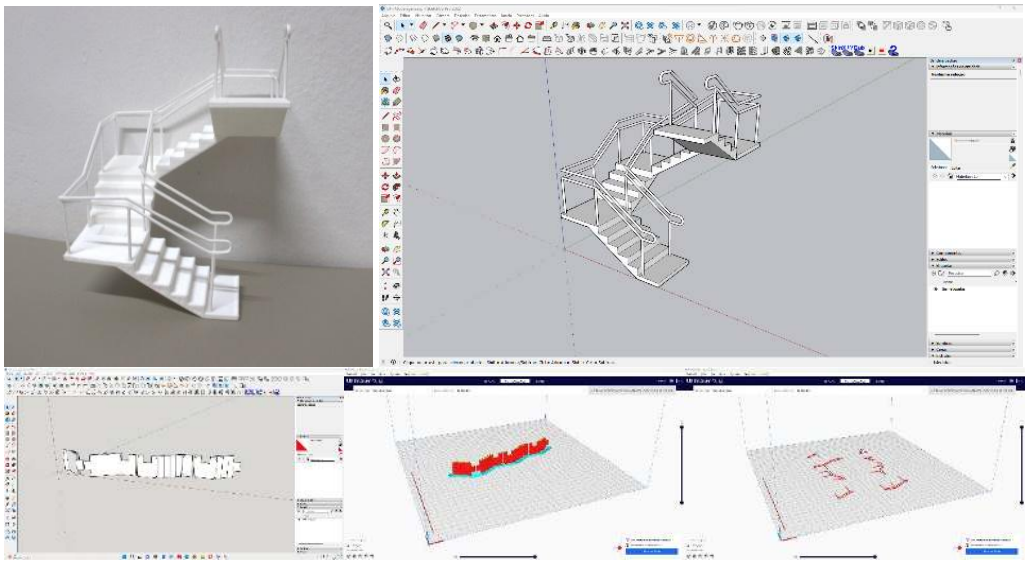
Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto; (b) modelo digital no SketchUp; (c) primeira parte da peça configurada para impressão no Cura; (d) segunda parte da peça configurada para impressão no Cura. Fonte: os autores.

Figura 7: Maquete da Escada 2



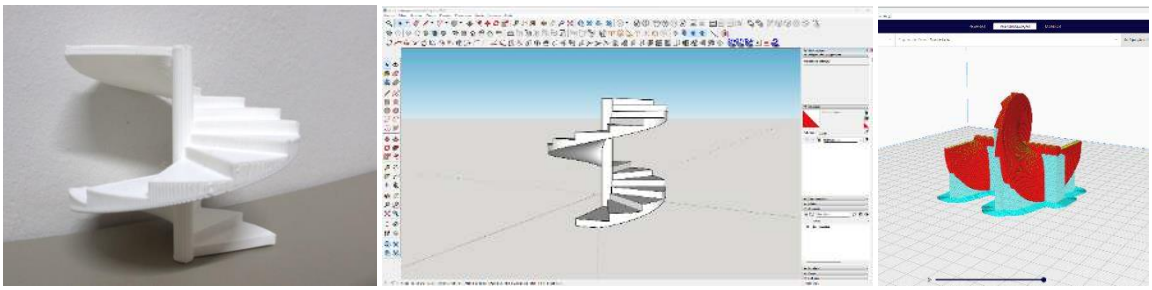
Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto; (b) modelo digital no SketchUp; (c) primeira parte da peça configurada para impressão no Cura; (d) segunda parte da peça configurada para impressão no Cura. Fonte: os autores.

Figura 8: Maquete da Escada 3



Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto; (b) modelo digital no SketchUp; (c) modelo digital particionado no SketchUp; (d) primeira parte da peça configurada para impressão no Cura; (e) segunda parte da peça configurada para impressão no Cura. Fonte: os autores.

Figura 9: Figura da Escada 4



Da esquerda para a direita, de cima para baixo: (a) modelo físico pronto, sem as telhas; (b) modelo digital seccionado no SketchUp; (c) primeira, (d) segunda e (e) terceira parte da peça configurada para impressão no Cura. Fonte: os autores.

Todos os modelos digitais, tanto os modelos do SketchUp quando os fatiados/configurados no Cura ou Simplify estão disponíveis para download em: https://beacons.ai/arqtec.mt. Para impressoras do mesmo modelo das que utilizamos, basta abrir o arquivo Gcode e enviar para impressão. Para demais modelos, será necessário configurar o arquivo .stl.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até o momento, com grande parte da pesquisa já concluída, vale dizer que a fabricação digital pode ser uma excelente aliada na produção de recursos didáticos para o ensino da construção civil, em especial pela qualidade e precisão das peças. No entanto, o processo de impressão ainda é lento e demanda algum trabalho manual, visto que, na maioria das vezes, as maquetes devem ser impressas em partes separadas e depois montadas.

Entende-se que a visualização de modelos físicos em 3D, tanto de edificações seccionadas quando de sistemas construtivos como telhados e escadas, facilita muito

o entendimento da construção do elemento e da sua representação gráfica, o que trará um ganho muito relevante no ensino-aprendizagem de componentes curriculares dos cursos voltados à construção civil. Até o presente momento, o foco tem sido os componentes da disciplina de Representação Gráfica, mas a produção de maquetes pode atender diversos outros como, por exemplo, desenho estrutural, topografia e tecnologia das construções.

Na quarta etapa da pesquisa, quando os recursos forem efetivamente utilizados durante a prática didática, será possível analisar a contribuição dos mesmos no processo ensino-aprendizagem. Acredita-se que estes recursos poderão minimizar as deficiências de ensino sentidas no período da pandemia, quando as disciplinas práticas, em especial, foram prejudicadas pela necessidade de serem ministradas de maneira remota.

A disponibilização dos modelos digitais para *download* possibilita que qualquer instituição fabrique esses recursos didáticos com o auxílio de impressoras 3D. Desta forma, a pesquisa estará auxiliando o trabalho docente e, consequentemente, contribuindo para a formação de profissionais mais capacitados.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) que, através do Edital 007/2022, financiou esta pesquisa. Ao IFMT, Campus Cel Octayde Jorge da Silva, pelo espaço físico fornecido.

REFERÊNCIAS

[1] TAMASHIRO. H. A. Desenho técnico arquitetônico: constatação do atual ensino nas escolas brasileiras de arquitetura e urbanismo. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2003.

[2] NUNES, A. A.; MARTINS, P. D.; SOUZA, J. P. M. Novas possibilidades em ensino de desenho arquitetônico: propostas para exercícios de avaliação da aprendizagem. In: VII CONEDU, 2020. disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu /2021/TRABALHO_EV150_MD1_SA120_ID9288_02112021201959.pdf. Acesso em 18 de maio de 2022.

[3] SAINZ, J. Desenho e arquitetura. Revista Projeto, n.180, p.79-83. São Paulo: nov 1994.

[4] PITANO, S. C.; ROQUÉ, B. B. O uso de maquetes no processo de ensino-aprendizagem segundo licenciados em Geografia. Educação Unisinos, São Leopoldo, v. 19, nº 2, p. 273-282, maio/ago. 2015.

[5] OLIVEIRA, B. R.; MALANSKI, L. M. O uso da maquete no ensino da Geografia. Extensão em Foco, Curitiba, nº 2, p. 181-189, jul./dez. 2008.

[6] BIMFORUM. Level of Development Specification: For Building Information Models. v.2015-Draft, [S.l], 166 p. Disponível em:<https://bimforum.org/resource/level-of-development-specification/>. Acesso em: 06 ago 2023.