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

Daylight Design: ferramenta virtual para o ensino de iluminação natural.

Daylight Design: a virtual tool for teaching daylighting.

Jéssica Cristine da Silva Fonseca Matos
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas | Campinas-SP | Brasil | jmatos@unicamp.br
Paulo Sergio Scarazzato
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil |pasezato@usp.br

Resumo
À medida que a tecnologia digital se torna cada vez mais presente nos ateliês de projeto, a educação arquitetônica deve explorar suas amplas possibilidades como complemento ao ensino do design arquitetônico. Este artigo apresenta a ferramenta Daylight Design, desenvolvida como parte de uma pesquisa de doutorado, que oferece parâmetros de design que abrangem todos os aspectos da iluminação: humano, ambiental e arquitetônico. Esta ferramenta auxilia no uso, análise e integração da iluminação natural desde as etapas iniciais do desenvolvimento de um projeto arquitetônico. Testada em três disciplinas obrigatórias do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo na Unicamp, a ferramenta Daylight Design demonstrou eficácia. As análises realizadas demonstraram resultados positivos da aplicação da ferramenta, contribuindo para a educação dos alunos em relação à inclusão da iluminação natural no desenvolvimento de projetos.
Palavras-chave: Iluminação natural. Processo de projeto. Ferramenta virtual. Ensino.

Abstract
As digital technology becomes increasingly present in design studios, architectural education must explore its broad possibilities as a complementary to teaching architectural design. This paper presents Daylight Design, a tool developed as part of a PhD research, which offers design parameters that cover all aspects of lighting: human, environmental, and architectural. This tool assists in the use, analysis, and integration of daylighting from the initial steps of the development of an architectural project. Experienced in three mandatory school subjects in the undergraduate course in Architecture and Urbanism at the University of Campinas, the Daylight Design tool showed reliability. Analyses conducted demonstrated positive results of the Daylight Design Tool in enhancing education regarding the incorporation of daylight in building project development.
Keywords: Daylighting. Design process. Virtual Tool. Education.

Como citar:
MATOS, J. C. S. F; SCARAZZATO, P. S. Daylight Design: ferramenta virtual para o ensino de iluminação natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Na história humana, a presença da luz do dia desempenhou um papel fundamental na arquitetura, de modo a influenciar a diversidade de formas arquitetônicas, aberturas e outras soluções para iluminar espaços internos e estabelecer conexões com o ambiente externo. Contudo, com a disseminação do uso da iluminação elétrica no século XX, a luz do dia foi progressivamente negligenciada. Sua importância voltou a ser considerada após as crises do petróleo na década de 1970, quando houve uma busca por redução do consumo de energia elétrica nos edifícios. Posteriormente, novos benefícios da iluminação natural vieram à tona, incluindo a sua qualidade espectral, impacto no bem-estar dos ocupantes e a revelação, no início dos anos 2000, de sua influência nos ritmos circadianos.

Este novo contexto passou a exigir maior atenção na seleção da orientação solar adequada, na previsão de aberturas para captação adequada de luz, no correto sombreamento e na integração eficaz entre a luz natural e elétrica. Muitas dessas decisões devem ser tomadas nas etapas iniciais do projeto, o que é dificultado, muitas vezes, pela falta de compreensão desses elementos, a escassez de metodologias abrangentes e interativas e a complexidade dos softwares de simulação usados nas etapas iniciais do projeto [1].

Embora os arquitetos frequentemente expressem admiração pela luz, é fundamental capacitá-los a transcender as considerações puramente quantitativas e oferecer estímulos para a exploração das diversas possibilidades oferecidas pela luz para revelar e moldar o espaço arquitetônico. A melhoria no processo de projeto em iluminação não requer necessariamente softwares mais avançados. Em vez disso, demanda uma compreensão profunda dos conceitos da iluminação, habilidade para aplicá-la eficientemente e uma percepção aguçada do ambiente circundante. É fundamental aprimorar a capacidade de observação visual do arquiteto, fornecendo-lhe os recursos necessários para lidar com as questões de iluminação desde o início do processo. Em fases posteriores, é válido recorrer a cálculos e ferramentas de simulação para confirmar os conceitos adotados e realizar ajustes, se preciso [1].

Este artigo, originado de uma tese de doutorado [2] apresenta uma ferramenta virtual que facilita a incorporação da iluminação natural no processo de projeto de arquitetura, de modo a oferecer diretrizes abrangentes para todos os aspectos da iluminação - sejam eles humanos, ambientais ou arquitetônicos - promovendo a consideração, aplicação e integração da luz do dia desde as fases iniciais do processo do projeto arquitetônico e sua avaliação em disciplinas de ateliê de projetos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.

A ILUMINAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO

Antes do advento da iluminação elétrica, a luz do dia era a principal fonte de iluminação. Com a introdução acessível da iluminação elétrica, a iluminação natural deixou de ser prioridade. Surgiram edifícios com plantas profundas, onde a distância

entre janelas e paredes opostas tornou inviável o aproveitamento eficaz da iluminação natural. Janelas pequenas ou superfícies envidraçadas sem controle adequado de insolação tornaram-se comuns.

Os edifícios são responsáveis por aproximadamente 34% do consumo anual de energia mundial, enquanto as pessoas passam cerca de 90% do seu tempo dentro deles [3]. Assim, o projeto arquitetônico representa uma oportunidade de reduzir o consumo energético e proporcionar qualidade ambiental interna [4]. Além da redução no consumo de energia, a luz do dia desempenha um papel fundamental em outros aspectos: as pessoas preferem ambientes com iluminação natural e vistas para o exterior, o que impacta positivamente na produtividade e no desempenho no ambiente de trabalho [5]. Além disso, desde o início dos anos 2000, a descoberta do impacto da luz nos ritmos circadianos trouxe novos desafios para o desenvolvimento de projetos.

Em estudo anterior, [1] conduziram uma pesquisa sobre a abordagem da iluminação natural nos estudos relacionados ao processo de projeto em arquitetura. Entre os pontos destacados na discussão, está a necessidade de abordar tanto aspectos qualitativos quanto quantitativos da luz na formação do arquiteto, permitindo-lhe iniciar o processo de projeto com o conhecimento essencial necessário para integrar tais aspectos. Além disso, os estudos analisados ressaltam a importância do conhecimento em iluminação que o projetista deve possuir, já que as experiências individuais influenciam nas decisões, mesmo quando são utilizadas as mesmas ferramentas de projeto. Na prática, é comum que as análises de iluminação sejam realizadas em fases avançadas do processo, acarretando custos e retrabalhos para todos os envolvidos. Portanto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de ferramentas e metodologias que deem sustentação a essas decisões, desde as etapas iniciais de desenvolvimento dos projetos.

O ENSINO DA ILUMINAÇÃO

A formação arquitetônica geralmente é composta por uma tríade de história, tecnologia e projeto que, acopladas, promovem a compreensão abrangente da disciplina e criação da arquitetura [6]. Métodos inovadores de estudo da teoria são necessários, pois é importante que o aluno compreenda os conceitos básicos e a origem, de todas as áreas que serão abordadas no projeto.

A arquitetura é mais prática do que teórica e necessita de meios que facilitem a comunicação entre ambas. Ferramentas para visualização do tema abordado são desenvolvidas com grande velocidade, e é importante manipular e visualizar imagens para transmitir o conhecimento [7].

O ateliê de projeto é o principal mecanismo de ensino da arquitetura; é um processo de aprendizado prático, onde os alunos resolvem uma série de problemas de projeto [8]. Infelizmente, a formação dos arquitetos em relação às questões de iluminação natural raramente vai além de uma abordagem básica. É necessário um sistema de suporte que auxilie e oriente o aluno nas decisões durante todo o processo de projeto [9] [10] [11] [12].

Scarazzato *et al.* chamam atenção para o fato de que as disciplinas nos temas de conforto, em especial as que abordam a iluminação, normalmente não estão vinculadas ao ensino de projeto de arquitetura, mas em disciplinas teóricas e autônomas [13]. O que dificulta que o aluno tenha domínio no tratamento destas questões no desenvolvimento de projetos. Há o seguinte paradoxo: de um lado o entendimento consensual de que a iluminação é importante no projeto arquitetônico, e, do outro lado, a abordagem superficial e dissociada no processo criativo de projeto.

Faria aborda a inclusão digital no ensino da iluminação natural [14]. Para o autor, o ensino da iluminação natural exige que o aluno abstraia do projeto os efeitos que a luz do dia proporciona e defende que esse ensino deve ocorrer num ambiente familiar aos futuros profissionais, ou seja, através de desenhos e imagens, e não em forma numérica ou de algoritmos. Os resultados devem ilustrar o que se espera da iluminação no espaço, e não cálculos, gráficos e tabelas.

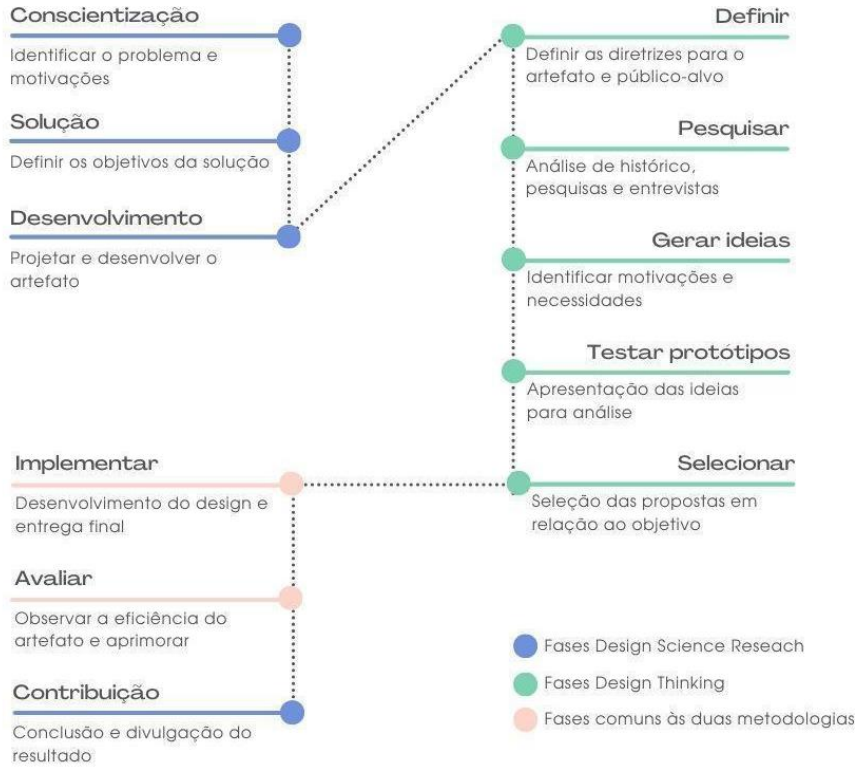
Scarazzato *et al.* fizeram um levantamento das grades curriculares de cursos de arquitetura de diversas partes do mundo, para entender como a iluminação (luz do dia e elétrica) está nelas consideradas. A pesquisa em trinta escolas dos cinco continentes destacou a importância da iluminação na formação de arquitetos, embora a sensibilização para a percepção arquitetônica ainda esteja ganhando espaço na graduação. Em números: aproximadamente 53% das escolas têm conteúdo sobre iluminação abordado juntamente com outras disciplinas de conforto ambiental; apenas dois dos trinta cursos considerados possuem disciplinas individuais de iluminação. Os resultados mostraram que aproximadamente 93% das universidades formam arquitetos que terão contato mais significativo com a iluminação apenas na pós-graduação [9].

Dessa forma, pode-se afirmar que o ensino da iluminação repousa na expertise do docente, a ser aplicada nos ateliês de projeto ao longo do curso. São necessárias então metodologias de ensino que ofereçam aos alunos ferramentas que lhes permitam ver e experimentar a luz do dia, capacitá-los a projetar com experiências diferenciadas e multifacetadas da luz do dia [15].

MÉTODO

A pesquisa de doutorado [2] que resultou na ferramenta adotou uma abordagem multimétodos, inicialmente estruturada com base na metodologia da *Design Science Research* [16], contou com elementos do *Design Thinking* [17] na elaboração da ferramenta e a avaliação seguiu uma metodologia de estudo piloto, conforme demonstrado na figura 02.

Figura 1: Fases das metodologias aplicadas.



As fases da Design Science Research estão indicadas em azul, as fases do Design Thinking em verde, e as fases comuns às duas metodologias estão destacadas em rosa. [17] e [18].

O estudo completo foi composto por cinco etapas principais: (1) Conscientização; (2) Proposta de uma ferramenta como solução; (3) Design e desenvolvimento da ferramenta, incluindo cinco sub-etapas: definição, pesquisa, geração de ideias, teste de protótipos e seleção; (4) Avaliação; e (5) Comunicação [2]. Este artigo apresenta os resultados e a avaliação da ferramenta desenvolvida.

A AVALIAÇÃO

A ferramenta foi testada em três disciplinas de projeto do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, tendo sido apresentada aos alunos no início de cada semestre letivo, juntamente com a proposta de exercício do projeto correspondente. Durante o desenvolvimento dos exercícios, foram oferecidas sessões de atendimento para esclarecimentos de dúvidas sobre seu uso. Ao final do processo, os alunos foram convidados a responder um questionário online com suas avaliações sobre a ferramenta. Os termos do questionário foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp – CAAE: 50652621.4.0000.8142.

O questionário era composto por 6 seções detalhadas a seguir: (1) Enunciado com informações gerais da pesquisa, incluindo objetivos e dados de contato, além de solicitar os dados de identificação do respondente. Ao final desta seção, perguntava-se se o usuário havia utilizado (direcionado para a seção 3) ou não (direcionado para a seção 2) a ferramenta em análise.

Na seção 2, os usuários que não utilizaram a ferramenta tinham a oportunidade de descrever se enfrentaram algum problema ou sugerir melhorias. Para estes, após essa seção, o formulário era finalizado.

Na seção 3, teve início a pesquisa destinada aos usuários que indicaram ter utilizado a ferramenta. Nesta seção, solicitavam-se informações relacionadas à apresentação, acesso e layout da ferramenta. Na seção 4, coletaram-se dados sobre o uso dos dados do clima local do projeto, incluindo a Carta Solar e as Diretrizes do Zoneamento Bioclimático.

A seção 5 solicitava informações referentes ao uso da parte da ferramenta que apresenta os parâmetros de projetos classificados por escala. Na seção 6, a última e mais importante, foram feitas perguntas sobre a percepção do usuário quanto à usabilidade, aplicação e contribuição da ferramenta no desenvolvimento do projeto. Após o envio do formulário, o usuário era direcionado para uma tela de agradecimento pela participação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A versão atual da ferramenta, disponibilizada na web, abrange um total de 330 municípios e oito zonas bioclimáticas. Ela disponibiliza 19 cartas solares, 6 escalas e 75 parâmetros de projeto, oferecendo um amplo espectro de informações e recursos aos usuários. A estrutura dos parâmetros de projeto baseia-se na metodologia dos "*patterns*" [19] organizados por escala de projeto: urbano, entorno, edifício, interiores e mobiliário, com a adição de um grupo específico de conceitos básicos.

Um modelo ilustrativo de um parâmetro de projeto é apresentado na Figura 3: com o intuito de facilitar a compreensão, a imagem foi dividida em setores, cada um representando um item do parâmetro de projeto. O título e a imagem ilustrativa do parâmetro são destacados em rosa. O conteúdo do parâmetro, indicado em verde, pode abranger texto, diagramas, exemplos de imagens, simulações e links para galerias do Pinterest. As referências utilizadas para o desenvolvimento do parâmetro estão identificadas em azul, enquanto os parâmetros anteriores e posteriores são indicados em amarelo, à esquerda e à direita, respectivamente.

Figura 2: Página exemplo de um parâmetro de projeto.



Parâmetro de projeto número 312. Espaço de transição entre a escala do edifício e a classificação das partes em cores: em rosa, a parte inicial com título e imagem do parâmetro; em verde, o conteúdo textual; em azul, as referências bibliográficas; e em amarelo, a indicação dos parâmetros anteriores e seguintes [20].

OPÇÕES DE USO

A ferramenta tem duas opções de uso disponíveis, conferindo maior flexibilidade e abrangência à ferramenta.

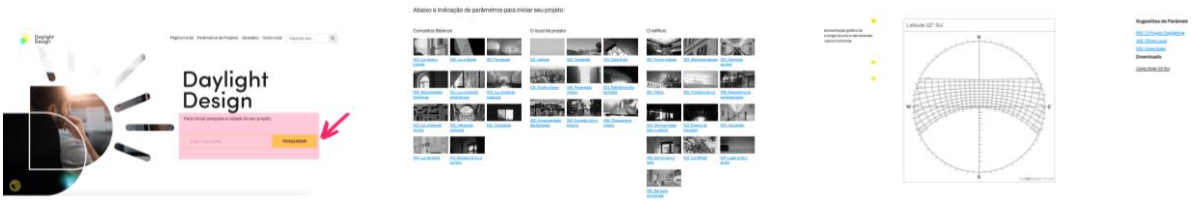
Opção 1 - Inserção da cidade de projeto

Na página inicial da ferramenta (Figura 4, à esquerda), solicita-se que o usuário insira a cidade do projeto. A ferramenta utiliza as 330 cidades classificadas no Zoneamento Bioclimático Brasileiro [21] como referência para localizar a cidade do projeto ou sugere ao usuário buscar uma cidade próxima com características climáticas semelhantes.

Ao inserir os dados de localização do projeto, a ferramenta disponibiliza, na página de resultado 1 (Figura 4, ao centro), os parâmetros de projeto relacionados à iluminação, agrupados em três categorias: conceitos básicos, localização do projeto e edificação.

Na página de resultado 2 (Figura 4, à direita), é apresentada a carta solar correspondente ao local do projeto, juntamente com informações essenciais sobre a Zona Bioclimática do município escolhido. Isso inclui orientações sobre o dimensionamento adequado das aberturas em relação à área do piso, o sombreamento necessário das aberturas e as vedações recomendadas.

Figura 3: Passo a passo da opção 1 de uso da ferramenta: Inserção a cidade de projeto



À esquerda, a página inicial da ferramenta. Ao centro, a página de resultado 1. À direita, a página de resultado 2. [20]

Opção 2 - Parâmetros de projeto

Na página inicial da ferramenta, uma segunda opção permite acessar os parâmetros de projeto (Figura 5), classificados por escala de projeto. Ao selecionar a escala de projeto desejada, uma nova página se abrirá, apresentando uma introdução sobre a escala escolhida, seguida por uma lista de parâmetros de projeto. Para acessar um parâmetro específico, basta clicar na imagem ou no nome correspondente.

Figura 4: Página inicial com a opção 2 de acessos aos parâmetros.

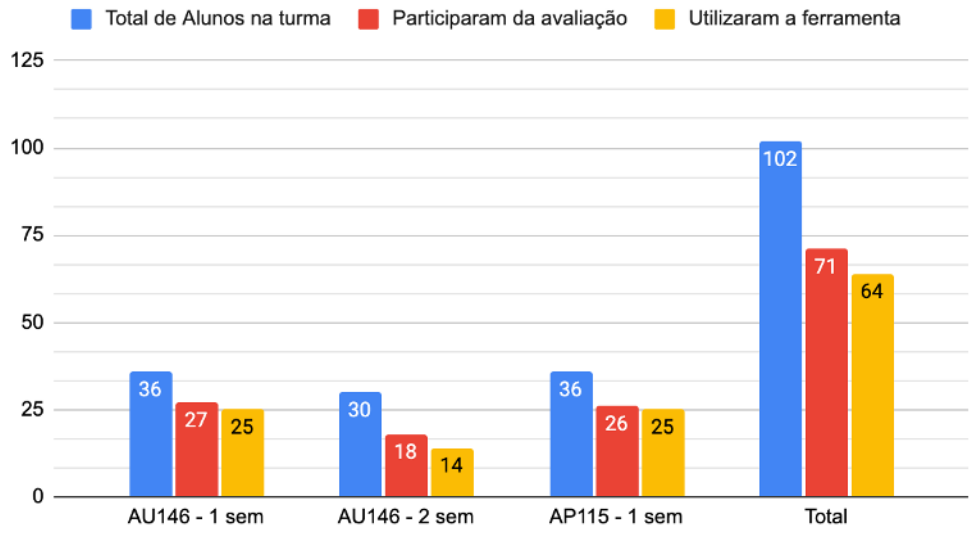


Parâmetros de projeto classificados pela escala de projeto. [20]

AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

No total, 102 alunos participaram das disciplinas e foram convidados a avaliar a ferramenta. Aproximadamente 70% dos alunos responderam ao questionário, e, destes, cerca de 90% afirmaram ter utilizado a ferramenta. Uma maior adesão foi observada quando a ferramenta foi integrada às fases do exercício proposto, tanto individualmente quanto em equipes de projeto.

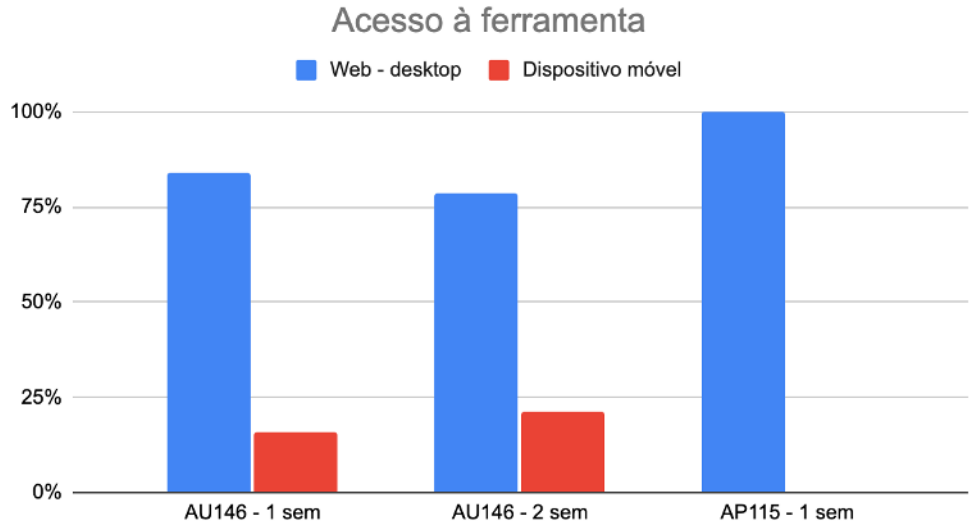
Figura 6: Gráfico da participação da avaliação da ferramenta.



Fonte: Os autores.

O layout da ferramenta recebeu feedback positivos nas três turmas avaliadas, com um nível de satisfação acima de 90%. Em relação às plataformas de acesso, os resultados mostraram que o uso de desktops e notebooks foi predominante, evidenciando a preferência por esse formato em detrimento de sua versão para dispositivos móveis.

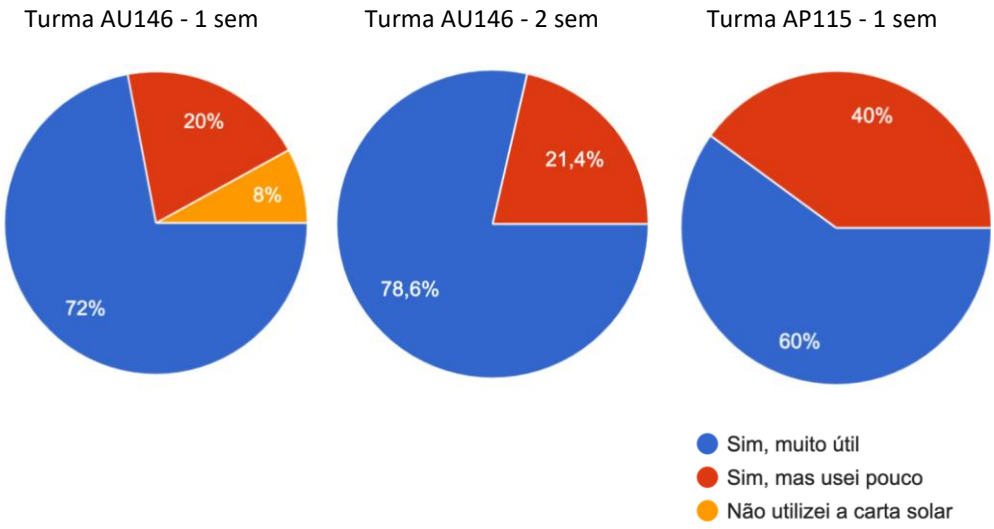
Figura 7: Gráfico da preferência ao acesso à ferramenta



Fonte: Os autores.

A partir das respostas do questionário, foi observado que todos os alunos das segunda e terceira turmas utilizaram a carta solar, enquanto na primeira turma (AU146 - 1 sem), 8% dos alunos afirmaram não tê-la utilizado. Embora a carta solar tenha sido disponibilizada, é possível aprimorar sua apresentação em uma futura versão da ferramenta, de modo a torná-la mais interativa. Isso permitiria uma compreensão visual das trajetórias solares, ao invés de ser apenas uma representação 2D a ser inserida nas pranchas de projeto.

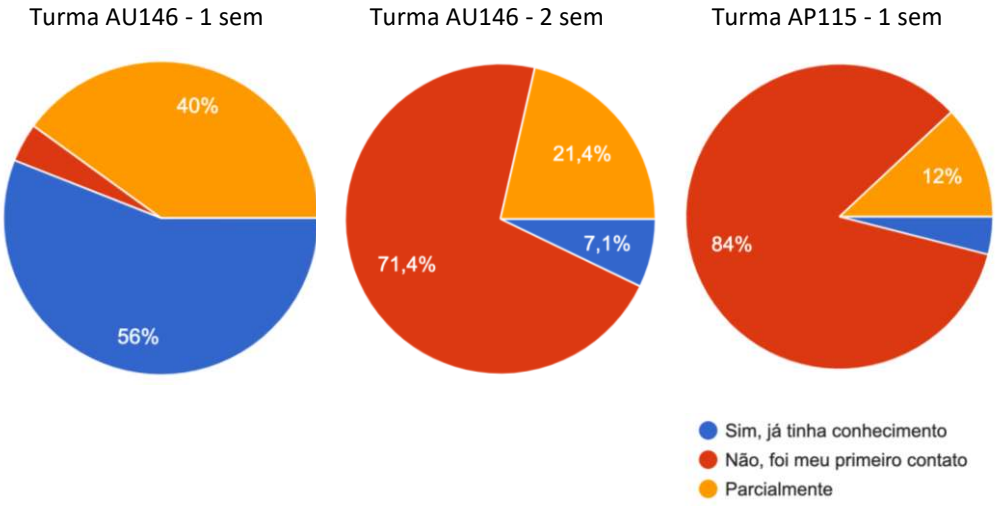
Figura 8: Quadro comparativo do uso da Carta Solar disponível na ferramenta.



Fonte: Os autores.

Apesar de serem apresentadas de modo simplificado, as estratégias bioclimáticas disponíveis ajudaram os alunos que já haviam tido contato com elas em disciplinas anteriores, a relembrá-las, bem como a introduzi-las aos mais novos. Esta interconexão entre as disciplinas é fundamental para que o aluno reconheça a importância da aplicação dos conhecimentos adquiridos em semestres anteriores.

Figura 9: Quadro comparativo da familiaridade das diretrizes do ZBB.



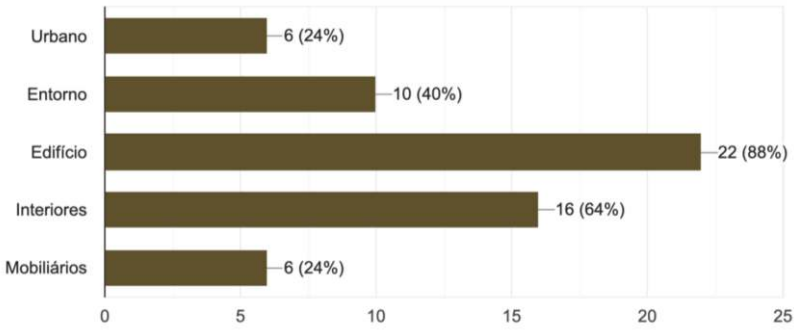
Fonte: Os autores.

A escala de projeto mais frequentemente acessada foi a de Edifício, possivelmente devido à ênfase maior a ela dada. No entanto, isso não implica negligência das outras escalas. Todas são sugeridas na seção final de todos os parâmetros. Dessa forma, o aluno pode transitar facilmente de um parâmetro da escala do edifício para a do urbano ou do mobiliário. O layout adotado tem o objetivo de estimular a curiosidade e não ditar a ordem de leitura, de modo a incentivar o aluno a interagir com os parâmetros de acordo com seus interesses. Mesmo que não tenha acesso a todos os

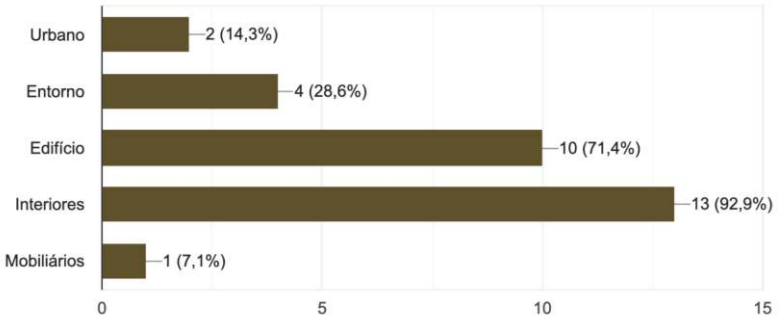
parâmetros, o usuário ainda assim poderá adquirir conhecimentos que atendam a um dos objetivos da ferramenta que é sensibilizar e inspirar o usuário a utilizar a luz do dia. Uma pequena dose de informação a cada acesso é suficiente.

Figura 10: Quadro comparativo das escalas acessadas para o desenvolvimento dos exercícios.

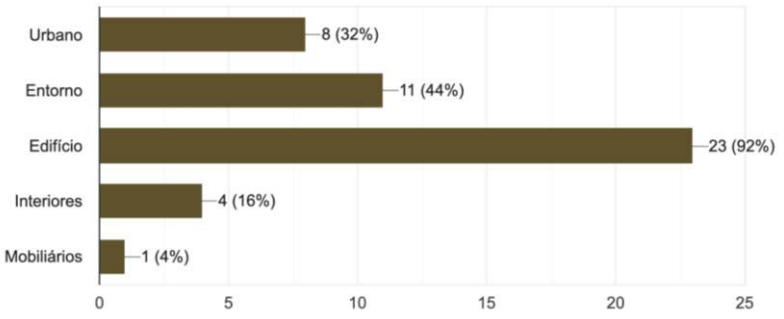
Turma AU146 - 1 sem



Turma AU146 - 2 sem



Turma AP115 - 1 sem



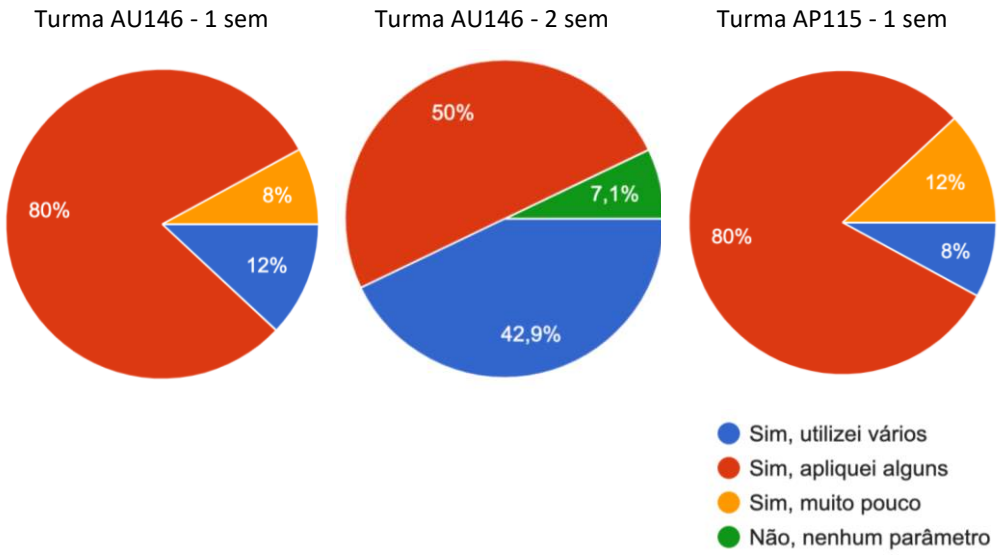
Fonte: Os autores.

Embora os alunos tenham respondido positivamente ao questionário sobre os benefícios do uso da ferramenta, seria necessário realizar uma avaliação mais rigorosa e prolongada para comprovar seu impacto na formação desses estudantes. As avaliações foram realizadas durante o semestre letivo, e buscou minimizar impactos no andamento das disciplinas. No entanto, seria interessante acompanhar os alunos nos semestres seguintes, em outras disciplinas, para verificar se as questões de iluminação continuaram a ser consideradas relevantes. Dessa forma, seria possível avaliar mais adequadamente a contribuição da ferramenta para a formação dos alunos ao longo do tempo.

O uso da ferramenta como apoio no ensino da iluminação teve resultados positivos. Alunos afirmaram no questionário, que aplicaram os parâmetros no exercício de

projeto e utilizaram a ferramenta para tirar dúvidas. No entanto, é importante destacar que o professor desempenha um papel fundamental no aprendizado do conteúdo ao longo do semestre. Na segunda avaliação (Turma AU146 - 2 sem), onde o uso da ferramenta foi mais livre, observou-se uma menor utilização, com menos citações e participações nas entregas de projeto. Nos outros dois semestres, nos quais a ferramenta estava integrada às fases do exercício e mencionada nos itens a serem entregues, o uso foi mais efetivo.

Figura 11: Quadro comparativo da aplicação dos parâmetros nos exercícios de projeto.



Fonte: Os autores.

CONCLUSÕES

A ferramenta desenvolvida é destinada tanto a profissionais da área, quanto a qualquer pessoa interessada em aprofundar seus conhecimentos sobre iluminação natural. No entanto, considerando o desafio de conscientizar os arquitetos sobre a importância da luz do dia, é fundamental identificar o momento mais propício para fornecer essa formação. Por essa razão, a pesquisa teve como público-alvo os estudantes de arquitetura e urbanismo, em nível de graduação, com o objetivo de prepará-los desde o início para incluírem a iluminação natural ao processo de projeto.

A utilização da ferramenta como suporte no ensino da iluminação em disciplinas de projeto de arquitetura teve resultados positivos, facilitando consultas rápidas aos alunos em caso de dúvidas. Adicionalmente, a ferramenta pode ser utilizada pelos professores como fonte de conteúdo durante o semestre letivo, aplicável tanto em exercícios de projeto quanto em análises de edifícios existentes. Esse aspecto é particularmente relevante, visto que muitos cursos de graduação no Brasil abordam a iluminação de maneira teórica em disciplinas específicas ou como parte do conteúdo relacionado ao conforto ambiental como um todo.

Apesar de suas limitações, a pesquisa concluiu que a ferramenta é eficaz como apoio ao ensino da iluminação, tanto para os alunos quanto para os educadores. É

importante ressaltar que esses resultados foram obtidos em um número limitado de turmas de um mesmo curso e universidade; portanto, a usabilidade pode variar em diferentes contextos acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento concedido na forma de bolsa de pesquisa de doutorado: processo nº 2017/24479-4, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS

[1] MATOS, J. C. S. F; SCARAZZATO, P. S. A iluminação natural no projeto de arquitetura: revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 249–256, 2017. DOI: 10.20396/parc.v8i4.8650250. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650250.

[2] Matos, J. C. S. F. **Iluminação Natural no processo de projeto de arquitetura:** desenvolvimento de uma ferramenta virtual de apoio às etapas iniciais do projeto. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 2023.

[3] IEA – International Energy Agency. **Tracking Clean Energy Progress 2023**. Paris: IEA, 2023. Disponível em: https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023. Acesso em: maio, 2024.

[4] BUSTAMANTE, W.; URIBE, D.; VERA, S.; MOLINA, G. An integrated thermal and lighting simulation tool to support the design process of complex fenestration systems for office buildings. **Applied Energy**, v. 198, p. 36–48, jul. 2017. http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.04.046

[5] KLEINDIENST, S.; ANDERSEN, M. Comprehensive annual daylight design through a goal-based approach. **Building Research and Information**, v. 40, n. 2, p. 154–173, 2012. https://doi.org/10.1080/09613218.2012.641301.

[6] SMITH, K. H. Architectural theory in the undergraduate curriculum: a pedagogical alternative. **International journal of technology and design education**, v. 23, n. 1, p. 117–128, 2011.

[7] ATANÁSIO, V.; PEREIRA, F. O. R.; PEREIRA, A. T. C. Utilização de um modelo analítico para a implementação de um método inovador para o ensino de iluminação natural em Arquitetura. **Ambiente Construído,** v. 7, n. 3, p. 129–142, 2007.

[8] LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam.** Tradução de Maria Beatriz Medina. 1a edição: Editora Oficina de Textos, 2011.

[9] SCARAZZATO, P. S; MATOS, J. C. S. F; FRANÇA, A. J. G. L; PAVANI, T. D. Challenges in lighting education: a recommended practice. **IOP Conference Series**: Earth and Environmental Science, v. 1099, n. 1, p. 012040, nov. 2022.

[10] ARPACIOĞLU, Ü.; ERSOY, H.Y. Daylight and energy oriented architecture design support model. **Gazi University Journal of Science**, v. 26, n. 2, p. 331–346, 2013.

[11] GENTILE, N; FEDERICA, G; KHANIE, M. S. A shared curriculum for daylighting education to meet the educational needs of society: **36th PLEA Conference**, 2022.

[12] GIULIANI, F; KHANIE, M. S; SOKÓŁ, N. Discussing daylight simulations in a proposal for online daylighting education. In **BuildSim Nordic 2020** – International Conference Organized by IBPSA-Nordic, 13th-14th October 2020, Oslo: Book of Abstracts (pp. 86-93), 2020.

[13] SCARAZZATO, P. S; MONTEIRO, A. M. R. G.; MARTAU, B. T.; SILVA, F. D. Proposta de uma metodologia de Ensino de iluminação para cursos de graduação em Arquitetura. 2005. **ENCAC 2005**. p. 10.

[14] FARIA, J. R. G. Inclusão digital no ensino de iluminação natural. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 11, p. 123–133, 2014.

[15] GRØNLUND, L. The Appearances of Daylight – an educational method for studying daylight. **IOP Conference Series**: Earth and Environmental Science, v. 1099, n. 1, p. 012021, 2022.

[16] DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design Science Research.** Método de Pesquisa Para Avanço da Ciência e Tecnologia. Edição: 1ª ed. Bookman, 2014.

[17] AMBROSE, G.; HARRIS, P.; OLIVEIRA, A. R.; BELLOLI, M. **Design Thinking**. 1a edição. Bookman, 2011.

[18] PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M.; CHATTERJEE, S. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 1 dez. 2007. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302.

[19] ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. **Uma Linguagem de Padrões.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

[20] Daylight Design. Disponível em https://daylightdesign.com.br/. Acesso em: maio, 2024.

[21] ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:2005** – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.