

REALIDADE AUMENTADA E ESTRATÉGIAS ADOTADAS NO ENSINO DE PROJETO BIOCLIMÁTICO EM ARQUITETURA

RESUMO

O presente ensaio aborda a experiência e os conceitos de Realidade Aumentada e Realidade Virtual para refletir sobre o projeto bioclimático como tema e conteúdo a ser explorado na docência em arquitetura. Problematisa o ensino de projeto bioclimático a partir da expectativa da adoção da Realidade Aumentada como recurso didático para o ensino superior na área, o que foi feito com vistas às estratégias adotadas por meio da experiência do estágio de docência junto à disciplina ARQ 326 – Conforto Térmico, ministrada para estudantes do terceiro período do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Ao abordar o tema da Bioclimatologia e do projeto baseado em desempenho, a disciplina representa o primeiro contato dos estudantes com esses temas, alguns dos quais, na percepção estagiário de docência, foram mais bem aproveitados a partir da adoção das ferramentas digitais se comparadas aos recursos analógicos em sala de aula. Além disso, o estágio de docência apresentado aqui, proporcionou a reflexão sobre a transposição didática dos conteúdos pautados no intuito de vislumbrar recursos para a mediação dos temas a serem explorados em AR pelo pesquisador junto aos graduandos.

Palavras-chave: Arquitetura. Ensino superior. Ensino projeto bioclimático.

AUGMENTED REALITY AND STRATEGIES ADOPTED IN THE TEACHING OF BIOCLIMATIC DESIGN IN ARCHITECTURE

ABSTRACT

This essay addresses the experience and concepts of Augmented Reality and Virtual Reality to reflect on bioclimatic design as a subject and content to be explored in architecture teaching. It problematizes the teaching of bioclimatic design based on the expectation of adopting Augmented Reality as a didactic resource for higher education in the area, which was done with a view to the strategies adopted through the teaching internship experience. teaching ARQ 326 - Conforto Térmico (Thermal Comfort) to students in the third period of the undergraduate course in Architecture and Urbanism at the Federal University of Viçosa (UFV). By tackling the topic of Bioclimatology and performance-based design, the subject represents the students' first contact with these themes, some of which, in the teacher trainee's perception, were better used with the adoption of digital tools in comparison to analog resources in the classroom. In addition, the teaching internship presented here provided an opportunity to reflect on the didactic transposition of the contents in order to find resources for mediating the themes to be explored in AR by the researcher with the undergraduates.

Keywords: Architecture. Higher education. Teaching bioclimatic design.

Dra. Rosana Aparecida Pimenta



Universidade Federal de Viçosa,
UFV, Brasil
rosana.pimenta@ufv.br

Dra. Clarissa Ferreira Albrecht



Universidade Federal de Viçosa,
UFV, Brasil
clarissa.albrecht@ufv.br

Dra. Joyce Correna Carlo



Universidade Federal de Viçosa,
UFV, Brasil
joyce.carlo@ufv.br

**Túlio Resende Alcântara
Fernandes**



Universidade Federal de Viçosa,
UFV, Brasil
tulio.fernandes@ufv.br



1 INTRODUÇÃO

Um importante aspecto a ser levado em consideração no ensino de Arquitetura é a necessidade de novos modos de educar que permitam a discussão do foco no conteúdo de ensino facilitado pelo uso de *software*, evitando assim o foco no aprendizado de operação de ferramentas e execução de comandos (Holzer, 2019).

Para Freitas e Ruschel (2013), a adoção de tecnologias de realidade imersiva ainda nos primeiros anos dos cursos de graduação em Arquitetura, pode se constituir como um importante elemento para incentivar a mudança na condição dos estudantes de observadores para participantes no processo de aprendizado. Dentre essas tecnologias a Realidade Virtual (VR) proporciona grande imersão e interatividade, mas é altamente dependente de equipamentos específicos, como Headsets¹, ao passo que a Realidade Aumentada (AR) apresenta maior compatibilidade com diversos dispositivos, incluindo *smartphones* e *tablets*, que são mais acessíveis ao grande público (Milovanovic et al., 2017). Considerando isso, a opção pela AR como tecnologia neste trabalho se deu sua independência de equipamentos especializados, bem como a compatibilidade com dispositivos móveis já mencionados anteriormente.

A portabilidade e popularidade desses equipamentos permitem não apenas o uso da tecnologia proposta no ambiente convencional da sala de aula, mas também em ateliês de projeto ou mesmo em casa. Destarte, também se relaciona ao aspecto destacado por Holzer (2019) como uma necessidade observada nos trabalhos que abordam o tema de sala de aula invertida e semi-invertida (quando os estudantes têm contato com o conteúdo a seu modo, antes da exposição tradicional dos professores) no ensino em arquitetura: a capacidade dos métodos pedagógicos de se moverem, de maneira fluida, de um Foco no Conteúdo² para um Foco no Processo³ e vice-versa, se adequando assim a diferentes contextos. Além disso, Holzer (2019) aponta um futuro em que o ensino híbrido (presencial e não presencial) em sala de aula invertida⁴ constituirá um papel cada vez mais presente no ensino de Arquitetura, principalmente no que tange ao aprendizado de *software* como parte dos objetivos.

Observa-se a oportunidade de aprimorar a utilização de tecnologias imersivas na arquitetura, e entende-se a importância de endereçar não só os conceitos teóricos como também aplicações práticas que possam contribuir com as discussões no campo do ensino, prática e pesquisa.

Por meio da atividade de Estágio de Docência junto à disciplina ARQ 326 – Conforto Térmico, ministrada para estudantes do terceiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa (UFV), foi possível acompanhar a adoção de metodologias de ensino que corroboram e permitem identificar estratégias de projeto bioclimático possíveis de serem adotadas para a construção de uma ferramenta didática por meio da AR, as quais são apresentadas neste texto a partir de um relato de experiência do então estagiário.

¹ Headsets, do termo em inglês Head-mounted display, pode ser traduzido como dispositivos de exibição sobre a cabeça, e atualmente são comercialmente disponíveis como Óculos de Realidade Virtual.

² Do termo original em inglês *Content-Focus*.

³ Do termo original em inglês *Process Focus*.

⁴ Para Bergmann e Sams (2020), a sala de aula invertida consiste em inverter a lógica da “lição de casa” ou “dever de casa”. Em sua obra, os autores propõem que o estudante realize leituras e consultas a vídeos e textos em casa, deixando os exercícios, atividades e realização de projetos individuais ou em grupo para a sala de aula, demandando maior participação do discente na resolução de problemas.

2 INTERAÇÃO ENTRE A INFORMAÇÃO E O USUÁRIO: A REALIDADE AUMENTADA

O termo “realidade aumentada” já foi definido e classificado de diferentes maneiras por pesquisadores (Nincarean et al., 2013). Uma definição recorrente é que a AR realça o entendimento do ambiente físico através da interação com objetos virtuais por uma interface digital (Bekele; Champion, 2019; Hussien; Waraich; Paes, 2020; Mekni; Lemieux, 2014; Nincarean et al., 2013).

Entretanto, há uma variedade de outros termos que se apresentam ao consultar o tema, sendo os principais: realidade virtual, realidade imersiva e realidade mista, ou até mesmo forma combinada. De maneira geral, AR é classificada por alguns autores como “Realidade Mista” e por outros como “Realidade Imersiva”. Essas classificações compartilham uma definição comum, que é realçar o entendimento do ambiente físico através de interfaces digitais (Bekele; Champion, 2019), o que as tornam ferramentas potenciais ao ensino e prática de arquitetura, visto que promovem uma experiência de imersão e interatividade entre o espaço físico e o virtual, que não são possíveis através das formas tradicionais de representação (Burdea; Coiffet, 2003 apud Freitas; Ruschel, 2013). Em relação à AR, essa imersão é atingida através da sobreposição de um conteúdo digital sobre a visão do mundo físico, mesmo que o foco da experiência seja mantido mais na realidade do que na virtualidade (Bekele; Champion, 2019).

Além disso, Azuma (1997) descreve possíveis aplicações da tecnologia na medicina, fabricação, visualização, robótica, entretenimento e aviação militar. Em seu levantamento, o autor identifica a limitação das definições existentes a equipamentos específicos, como capacetes e *Headsets* especializados. Com o objetivo de evitar a limitação da aplicação de AR a equipamentos específicos, Azuma (1997) propôs três atributos para definir a AR: a combinação do real com o virtual, interatividade em tempo real e apresentação em três dimensões.

O trabalho de Azuma (1997), intitulado “A survey of augmented reality. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction” está entre as fontes mais citadas para definição da AR, e se apresenta em quase todos os artigos que discutem o termo (Bekele; Champion, 2019). Dez anos após sua publicação, se iniciou uma ampla disseminação de dispositivos móveis, como *smartphones*, promovendo uma vasta exploração da AR (Mekni; Lemieux, 2014; Nincarean et al., 2013), finalmente possibilitando a aproximação do usuário à AR sem os requisitos levantados pelo autor há cerca de vinte e seis anos – se considerarmos a data de hoje.

O fato de AR e VR estarem intrinsecamente ligados à tecnologia – *software*, *hardware* e comunicação – (Freitas; Ruschel, 2013) tornou obsoletos alguns aspectos desses termos com o passar do tempo, o que motivou uma atualização das definições por Bekele e Champion (2019).

Uma redefinição de Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Realidade Mista (MxR), é apresentada por Bekele e Champion (2019) através de uma perspectiva que enfatiza a relação entre o usuário, a virtualidade e realidade como um componente fundamental. Os autores apresentam essa proposta ao entender que as definições anteriores estavam novamente associadas a padrões de *display*⁵ e termos já obsoletos, e pouco na experiência do usuário. Esse aspecto da redefinição é importante já que a experiência é uma parte fundamental em qualquer sistema ou aplicação que envolva alguma forma de interação entre a informação e quem utiliza a ferramenta. Assim, a definição de AR adotada neste trabalho é:

Realidade Aumentada (AR) suplementa o mundo real com elementos virtuais e permite ao usuário uma interação com esses elementos virtuais. Mesmo se os elementos virtuais forem sobrepostos no ambiente físico, a interação em AR é sempre entre o usuário e o elemento virtual. Mais importante, o ambiente real é dominante e se beneficia de elementos virtuais a fim de realçar a percepção do mundo real pelo usuário (Bekele; Champion, 2019, p. 7). (traduzido pelos autores)

⁵ Pode ser traduzido como tela ou monitor visual.

Para chegar nessa significação, Bekele e Champion (2019) diferenciam Realidade Aumentada de Realidade Virtual, explicitando que VR fecha a visão do mundo real em favor de um ambiente virtual, mantendo a interação apenas entre o usuário e o mundo virtual, e conseqüentemente, sem interações diretas entre a realidade e a virtualidade. Os autores apresentam também a diferença entre a Realidade Aumentada e a Realidade Mista, que não possui limite bem demarcado conforme definições anteriores.

Em AR o mundo físico é dominante, enquanto em MxR essa dominância não pode ser determinada, pois os ambientes se beneficiam dos elementos um do outro. Desta forma, MxR realça a percepção do usuário tanto do mundo real, quanto do ambiente virtual, além de permitir interações entre usuário, mundo físico e ambiente virtual.

Essa interatividade com modelos computacionais tridimensionais proporcionada pela AR, quando aplicada à arquitetura, é capaz de dar suporte ao complexo processo decisório de projeto (que envolve uma diversidade de partes interessadas, as quais por vezes apresentam conflito de interesses) e supera o desenho bidimensional na análise crítica por parte do próprio projetista ou por terceiros, que nem sempre são treinados para interpretar a linguagem desse tipo de desenho técnico (Paes; Arantes, 2015).

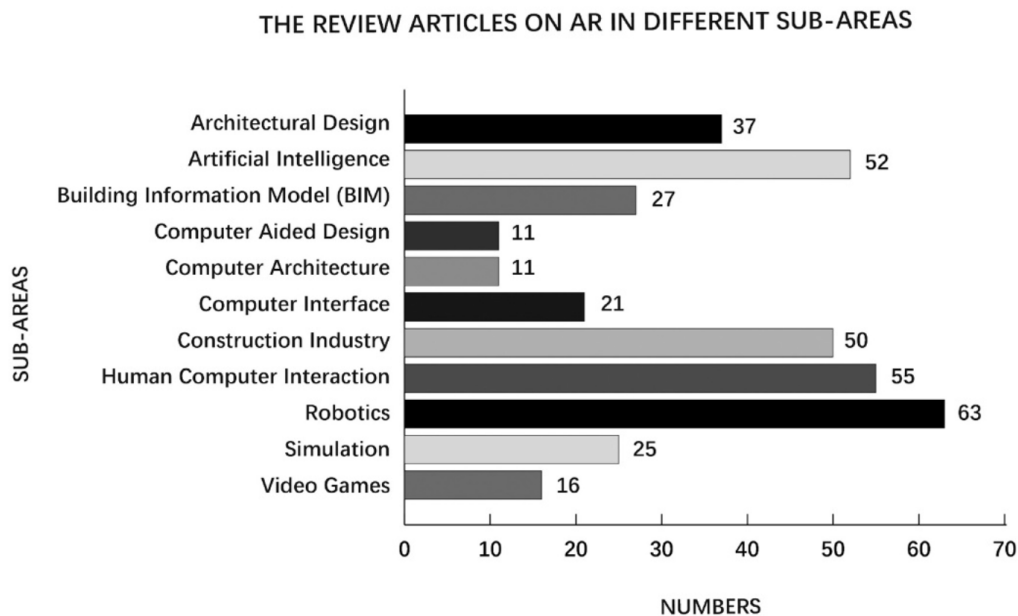
3 REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL EM ARQUITETURA

Com o objetivo de facilitar a exploração do conhecimento específico para as Realidades Aumentada e Virtual aplicadas à arquitetura em nível de pós-graduação, desenvolvimento de tecnologias e ênfase em pesquisas brasileiras, Freitas e Ruschel (2013) revisaram duzentos artigos publicados entre os anos 2000 e 2011, e observaram que os estudos apresentavam área de pesquisa, ênfase e estágio de desenvolvimento tecnológico específicos, agrupando-os da seguinte forma.

Em relação às áreas de pesquisa, as observadas foram: método de projeto (46%), teoria, história e crítica (23%), interação humana com o espaço e artefatos (20%) e representação (5%). As principais ênfases verificadas foram: educação (9%), aplicação (17%), colaboração (5%), visualização (10%) e discussão teórica (13%). E por fim, os estágios de desenvolvimento tecnológico constatados foram: Especificação (15%), Desenvolvimento (14%), Implementação (21%) e avaliação (26%).

Desta forma, Freitas e Ruschel (2013) concluíram que AR e VR ainda não foram incorporados à prática arquitetônica, apesar de não serem tecnologias novas e de terem evoluído em outras áreas, o ensino é uma das forças que promovem a apropriação da tecnologia na prática.

A década seguinte apresentou um amadurecimento no uso de AR e VR em arquitetura, especialmente nas áreas de fabricação digital, através de instruções holográficas para montagem, compartilhamento de dados e interação com os computadores (Song; Koeck; Luo, 2021), mas também auxiliando na adoção do BIM como ferramenta de suporte quando integrada a esse processo de trabalho (Sidani et al., 2021).

Figura 1 – Gráfico a partir do levantamento de artigos de revisão sobre AR em diferentes subáreas

Fonte: Song; Koeck; Luo (2021).

Apesar do amadurecimento da tecnologia e um aumento de sua adoção na área de arquitetura, a revisão sistemática sobre técnicas e ferramentas recentes de Realidade Aumentada associadas ao BIM, realizada por Sidani et al. (2021), mostra que sua implementação ainda está distante do desejável, principalmente a limitações que dificultam o uso durante a fase de execução no canteiro de obras.

4 O PROJETO BIOCLIMÁTICO COMO TEMA E CONTEÚDO A SER EXPLORADO NA DOCÊNCIA EM ARQUITETURA

Lamberts (2016) define clima, bioclimatologia, para então tratar de “bioclimatologia aplicada à arquitetura”, para ele a arquitetura bioclimática é aquela onde são aplicados os entendimentos de clima e sua integração com as pessoas, tirando partido ou evitando os efeitos das variáveis climáticas: radiação solar, luz natural, temperatura, vento e umidade (Lamberts; Dutra; Pereira, 2016). No Brasil, esse pensamento foi formalizado através de uma metodologia de zoneamento bioclimático adaptada ao clima brasileiro por Givoni (1992), dando origem à normas técnicas que recomendam certas estratégias construtivas de acordo com cada zona do país (NBR 15220-3), numa tentativa de oferecer uma resposta rápida e objetiva à construção adequada ao clima brasileiro.

Goulart e Pitta (1999) definem o projeto bioclimático, conforme citado por Maciel (2006) como uma abordagem que se aproveita do clima através da aplicação correta de elementos de projeto e de tecnologia para controle dos processos de transferência de calor. A autora afirma ainda que a aplicação desses elementos deve acontecer nos estágios iniciais de um projeto, entretanto, apesar de comprovados os benefícios dessa abordagem de projeto, sua adoção é pouco observada na prática.

Para Maciel (2006) a Arquitetura Bioclimática se transformou apenas num método para reduzir o consumo de energia e o ato de economizar energia é mais motivado pela necessidade do que pela escolha. Assim, focalizar na disseminação do projeto bioclimático em bases de economia é um apelo limitado; é necessário criar e promover uma linguagem de arquitetura realmente integrada e de mensagem visual atraente.

A partir da Carta Bioclimática adaptada para o Brasil por Givoni (1992), Lamberts et al. (2016) descrevem as principais estratégias de projeto a serem empregadas por arquitetos em

projetos a saber Aquecimento Solar Passivo; Inércia Térmica para Resfriamento; Resfriamento Evaporativo; Sombreamento e Ventilação Natural.

A começar pelo Aquecimento Solar Passivo, uma estratégia recomendada para climas com temperaturas entre 10°C e 20°C. Pode ser alcançado através de um isolamento térmico mais rigoroso, diminuindo a perda de calor, uso de superfícies envidraçadas orientadas ao sol e proporções apropriadas para o maior aproveitamento solar no inverno.

Quando se deseja reduzir os picos de temperatura recomenda-se a Inércia térmica para resfriamento, que diminui a amplitude da temperatura interior em relação à exterior. O calor armazenado na edificação é devolvido ao ambiente somente à noite, quando as temperaturas externas estão baixas. Da mesma maneira, a edificação é resfriada durante a noite, mantendo a temperatura interna mais baixa quando a temperatura externa é mais alta (redução dos picos de temperatura). Isso pode ocorrer através da inércia térmica de fechamentos, do solo ou de elementos isolantes associados à construção.

Para épocas quentes e secas é recomendado o Resfriamento evaporativo, que reduz as temperaturas e aumenta a umidade relativa de um ambiente através da evaporação da água. Essa estratégia requer boas taxas de ventilação para evitar o acúmulo de vapor de água. Pode ser aplicado diretamente através de vegetação, fontes de água ou outro recurso que promova a evaporação da água diretamente no ambiente a ser resfriado, ou indiretamente, através de uma associação à estrutura, onde a perda de calor da água no processo de evaporação resfria os ambientes da edificação associada a ela. Em casos de baixa umidade e baixa temperatura (abaixo de 27°C) a umidificação do ar melhora a sensação de conforto mesmo com um resfriamento indesejado.

Dado ao clima predominantemente quente no território durante a maior parte do ano, o Sombreamento é uma das estratégias mais importantes no Brasil. Deve ser utilizado sempre que a temperatura do ar for superior a 20°C. Pode ser alcançado através de proteções solares, beirais mais longos nos telhados, marquises, sacadas, persianas, vegetação e a própria orientação e volumetria geral da arquitetura.

Por fim, para melhorar a sensação térmica para temperaturas diurnas internas acima de 29°C e umidade relativa maior que 80%, é recomendada a Ventilação natural. Para um clima quente e úmido a estratégia mais simples é a ventilação cruzada, porém se a temperatura externa for muito alta (maior que 32°C) se torna indesejável, trazendo ganhos térmicos por convecção para o ambiente interno. Ambientes amplos e sem barreiras edificadas facilitam o movimento do ar. Em regiões áridas, com temperaturas diurnas entre 30°C e 36°C, temperaturas noturnas abaixo de 20°C e umidade relativa abaixo de 60%, é recomendado o resfriamento convectivo noturno. Se a temperatura diurna é maior que 36°C, a ventilação noturna não é suficiente para o conforto, sendo necessários outros sistemas de resfriamento.

À face do exposto, foram listados até aqui alguns dos elementos da matéria de projeto bioclimático abordados na formação de estudantes de arquitetura. Uma área que apresenta uma gama de itens que podem ser explorados por meio de AR, sobretudo aqueles que ficam mais bem exemplificados por modelos em escala, por meio de representação visual, formas ou desenhos arquitetônicos (esquemas, representação gráfica, perspectivas ou recursos visuais) para os quais a representação em AR significaria uma expansão da compreensão das relações entre o conteúdo a ser desenvolvido e o espaço arquitetônico.

4.1 Tecnologias adotadas no ensino de projeto bioclimático em uma disciplina do curso de graduação em arquitetura

Para tomar contato junto às ferramentas já utilizadas no ensino superior de Projeto Bioclimático na área de Arquitetura, foi realizada por meio do Estágio de Docência a inserção do pesquisador na disciplina ARQ 326 – Conforto Térmico, ministrada para estudantes do terceiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFV, coordenada e ministrada pela

docente Joyce Correna Carlo, com carga horária total de sessenta horas, no período letivo de março à junho de 2022, referente ao primeiro semestre letivo do ano.

A disciplina está vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo por meio do Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFV.

A participação do pesquisador estagiário de docência consistiu no acompanhamento das aulas presenciais teóricas, discussões sobre temáticas da ementa ou de textos didáticos pré-estabelecidos, exercícios de revisão semanal, avaliações, comunicação direta com os estudantes, presencialmente e por e-mail, atendimentos para orientações e sugestões referentes à realização dos trabalhos.

O método utilizado na disciplina consistiu no contato dos estudantes com uma gama de abordagens, tais como vídeo aulas produzidas pela professora e vídeos independentes no YouTube, a partir do qual se construiu uma familiaridade com o conhecimento da disciplina. Dessa exposição inicial, houve a explanação explicativa verbal em quadro e giz convencional somado ao debate mediado pela docente.

Além disso, a docente elaborou e apresentou periodicamente tutoriais para revisão do conteúdo no ambiente virtual de aprendizagem (PVAnet MOODLE), o que compunha parte da avaliação final.

Nas aulas práticas houve o exercício do desenvolvimento de projeto, uma ação executada por todos os estudantes, além da prática investigativa para a resolução de problemas.

O conteúdo abordado pode ser visto na Figura 2, o qual mostra a divisão da disciplina em dois módulos: sendo o primeiro módulo o mais importante por se tratar do conteúdo introdutório fundamental para se trabalhar a ferramenta proposta por este trabalho. O módulo abordou: Conforto térmico, Trocas térmicas, Psicrometria, Bioclimatologia, Geometria solar e Projeto de proteções para sombreamento.

Sendo que, o segundo módulo da disciplina destaca as propriedades térmicas de materiais e componentes de acordo com as normas vigentes, a qualidade que proporcionam ao espaço e a relação com o desempenho da edificação (Latecae, [s. d.]). Para este trabalho serão discutidos quais ferramentas e tecnologias são utilizadas para o desenvolvimento dos tópicos 1 a 5, referentes ao primeiro módulo de acordo com a Figura 2.

Figura 2 – Conteúdo da disciplina ARQ 326 – Conforto Térmico**Conteúdos**

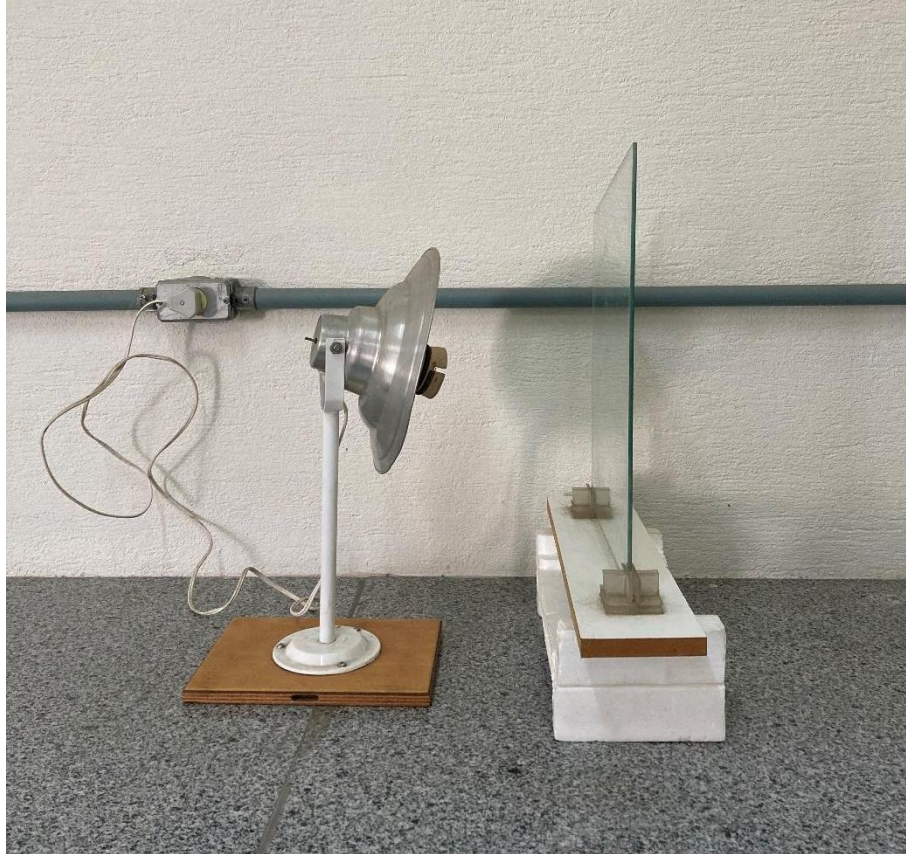
1. Conforto térmico
 - 1.1. Balanço térmico humano
 - 1.2. Mecanismos de termo-regulação fisiológica
2. Trocas térmicas
3. Psicrometria
4. Bioclimatologia
 - 4.1. Escalas climáticas
 - 4.2. Zoneamento Bioclimático Brasileiro
 - 4.3. Estratégias bioclimáticas
5. Geometria solar
 - 5.1. Trajetória aparente do sol
 - 5.2. Carta solar
 - 5.3. Projeto de proteções solares
6. Propriedades térmicas de fechamentos
 - 6.1. Propriedades dos materiais
 - 6.2. Propriedades dos componentes opacos
 - 6.3. Propriedades de componentes transparentes
7. Ventilação
 - 7.1. Ventilação no edifício
 - 7.2. Ventilação urbana
8. Clima urbano
9. Projeto baseado em desempenho

Fonte: Disponível em: <http://www.latecae.ufv.br/pt-BR/arq-326/>.

A professora segue uma lógica na apresentação dos conteúdos começando pela apresentação das variáveis climáticas como radiação solar, luz natural, temperatura, vento e umidade. Para em seguida desenvolver a medição dessas variáveis com a utilização de instrumentos como solarímetro, termômetro, anemômetro e psicrômetro respectivamente.

A partir dessa apresentação, os estudantes da disciplina são introduzidos ao conceito de conforto através da relação entre variáveis climáticas e os mecanismos termorreguladores do corpo humano, tanto para frio, quanto para calor. Nesse momento, é exemplificado o fenômeno de transmissão de calor por radiação com a utilização de uma resistência térmica direcionada para uma lâmina de vidro (Figura 3), onde é demonstrado não apenas uma das formas pela qual o calor é transmitido, mas também a característica dos materiais (no caso, o vidro) em absorver esse calor, para posteriormente, emití-lo também por radiação, além dos diferentes espectros da luz visível, já que o vidro é translúcido ao espectro visível da luz solar, porém opaco às ondas curtas, através das quais o calor é transmitido por radiação. Uma vez compreendidos e identificados os tipos de trocas térmicas existentes entre o homem e o ambiente e o homem-edificação-ambiente-externo, é construída uma base para o entendimento do conceito de bioclimatologia (Latecae, [s. d.]).

Figura 3 – Experimento realizado em aula utiliza uma resistência térmica para demonstrar a capacidade de absorção de calor do vidro⁶



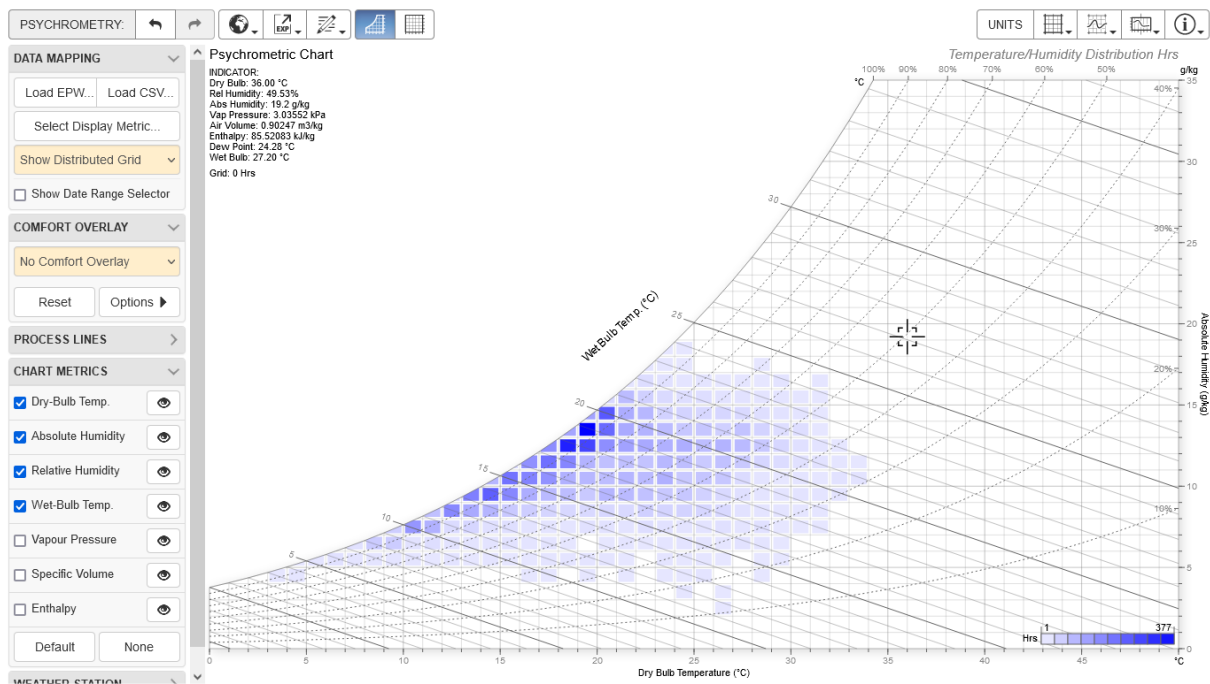
Fonte: Autores (2023).

Além disso, índices clássicos de conforto, como o ITGU (Índice de Temperatura de Globo e Umidade) e conforto adaptativo foram apresentados e demonstrados através de instrumentos como termômetros de bulbo seco e bulbo úmido. Para discussão de Psicrometria e apresentação dos fenômenos decorrentes das trocas térmicas no ambiente é utilizado um diagrama psicrométrico interativo, mostrado na Figura 4, onde é possível manipular os eixos de temperatura e umidade, além de escolher a localização a partir de arquivos climáticos⁷.

⁶ O experimento é baseado em um modelo desenvolvido por Cartana e Pacheco (2010) para simulação de trocas térmicas através de vidros (Cartana; Pacheco, 2010 apud Fonseca; Carlo, 2012).

⁷ Arquivos em formato .epw contendo dados horários de um determinado clima, que se tornou padrão para ferramentas de simulação de desempenho em edificações.

Figura 4 – Página da web com diagrama psicrométrico interativo utilizado na disciplina ARQ 326 – Conforto Térmico

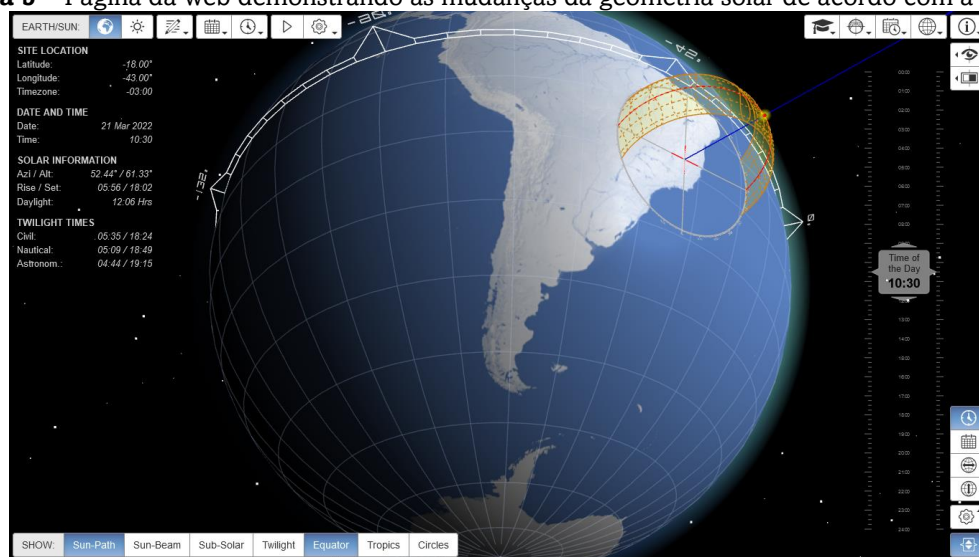


Fonte: Marsh (2023).

Finalmente, o zoneamento bioclimático brasileiro é apresentado aos discentes e as estratégias bioclimáticas a serem aplicadas na edificação são relacionadas pela docente a partir da carta bioclimática de Givoni (1992), considerando os aspectos subjetivos da percepção térmica no espaço.

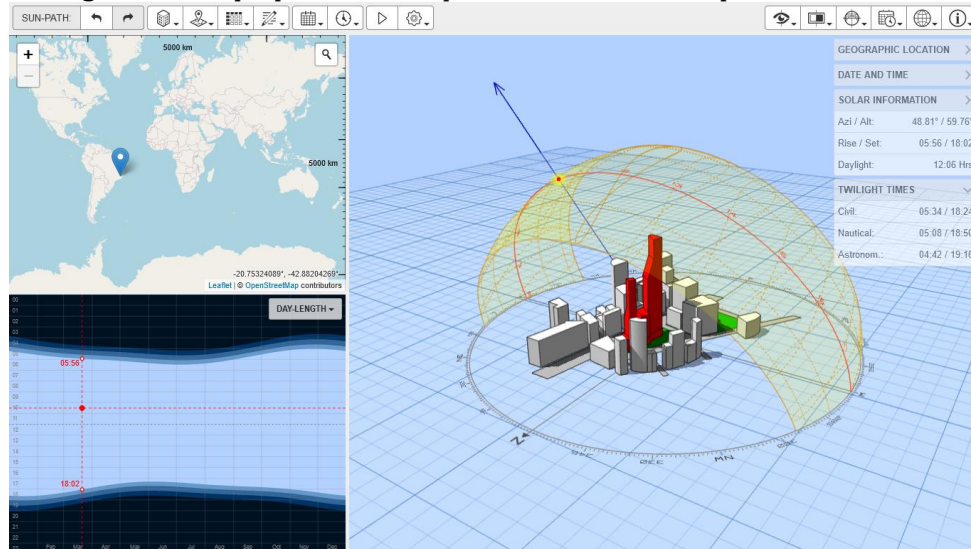
O primeiro módulo da disciplina encerra-se com o aprendizado da geometria solar e o projeto de proteções para sombreamento, o que é feito com o auxílio de uma ferramenta interativa que permite visualizar as diferenças na trajetória solar de acordo com a latitude, como pode ser visto na Figura 3, e a projeção das sombras em um determinado volume arquitetônico, com possibilidade de usar um modelo tridimensional próprio via *upload*, vide Figuras 5 e 6.

Figura 5 – Página da web demonstrando as mudanças da geometria solar de acordo com a latitude



Fonte: Marsh (2023).

Figura 6 – Página da web que permite fazer *upload* de um modelo 3d para estudo de sombreamento



Fonte: Marsh (2023).

Já existe uma sistematização para a recomendação de estratégias de projeto bioclimático, à partir da NBR que pode ser adotada para a construção de uma ferramenta didática, além disso, tanto equipamentos laboratoriais de ensino tais como o Heliodon⁸, quanto às ferramentas digitais se valem de uma interatividade e manipulação de peças, modelos em escala, ou localização, indicando uma possível viabilidade para a incorporação de modelos tridimensionais interativos em Realidade Aumentada para a discussão, visualização e comunicação de conceitos e estratégias de projeto.

5 CONSIDERAÇÕES

Na contemporaneidade, o uso de ferramentas digitais é parte integrante do desenvolvimento dos estudantes de Arquitetura. Desta forma, os educadores devem considerar o uso de tecnologias em diferentes níveis nas estruturas de disciplinas da área, seja como forma de dar suporte ao processo criativo com o uso de computadores ou como meio de desenvolver as habilidades adequadas para a representação de projetos.

A disciplina de Conforto Térmico aborda o campo da Bioclimatologia e do Projeto baseado em desempenho representando o primeiro contato dos estudantes com esses temas, sendo fundamental para a consolidação desses conhecimentos por futuros profissionais na elaboração e desenvolvimento de projetos.

O estágio de docência apresentado aqui, proporcionou a reflexão sobre a transposição didática dos conteúdos pautados no intuito de vislumbrar recursos para a mediação dos temas a serem explorados em AR pelo pesquisador junto aos graduandos.

Ademais, a experiência de estágio de docência possibilitou o contato com a dinâmica do ensino dos conceitos da disciplina num contexto híbrido, onde parte do material didático disponível aos estudantes pela docente havia sido produzido em favor das aulas desenvolvidas em modo remoto em razão da pandemia da Covid-19⁹. Com o retorno das aulas presenciais e a possibilidade do contato em sala de aula, os materiais contribuíram para sedimentar as discussões e a consolidação desse conhecimento.

Na percepção do pesquisador, foi possível identificar nas aulas a efetividade da adoção das ferramentas digitais se comparadas aos recursos analógicos. Se, por um lado, a disciplina

⁸ Equipamento que simula a trajetória do sol ao longo de um ano, além da projeção de sombras em relação a um ponto a partir de uma simplificação da abóbada celeste.

⁹ Referente ao período de isolamento social em decorrência da pandemia da doença conhecida como COVID-19 causada pelo coronavírus SARS-CoV-2.

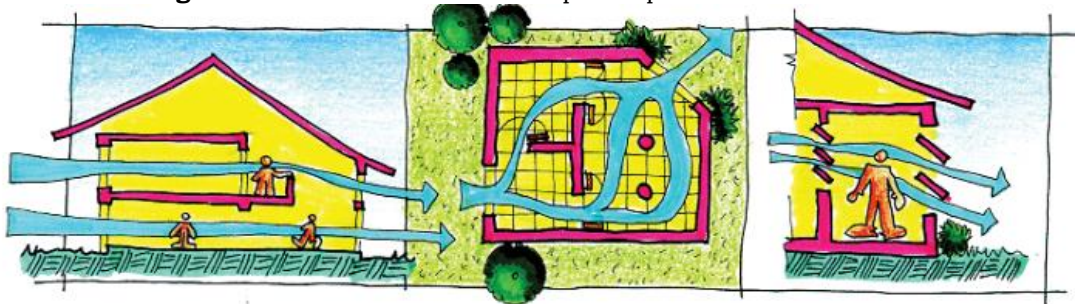
atendeu aos objetivos propostos aprofundando os conhecimentos relacionados ao projeto de arquitetura, não obstante a adoção da AR como ferramenta complementar intensificaria a relação entre o discente e o conteúdo.

A AR é um recurso, concretamente acessível, presente em jogos tais como o Pokémon GO¹⁰, fazendo parte do cotidiano dos acadêmicos e do público em geral. Nesse sentido, ao considerar a importância de AR no ensino de projeto bioclimático há que se possa em vista materiais didáticos já existentes no mercado, ou na *internet*, utilizados em outras áreas, mas que poderiam ser adaptados para o ensino em arquitetura como é o caso de aplicativos como o Google Arts & Culture¹¹ de visita a museus, SketchAR¹² que permite a animação de desenhos feitos pelos usuários ou o Geogebra¹³ utilizado no ensino de matemática.

Neste estudo, dentre as ferramentas de ensino adotadas na disciplina de Conforto Térmico, elegeu-se o heliodon, o projetee e o diagrama psicrométrico como possíveis de serem amplificados pela AR por se valerem de modelos tridimensionais ou de estruturação em estratégias de projeto em sua comunicação e apresentação.

Por fim, para explicar o fenômeno de ventilação, Lamberts (2004, p. 270) utiliza pelo menos três desenhos diferentes para ilustrá-lo, o que é feito na lógica do desenho arquitetônico com imagens que apresentam a separação de vistas ortogonais para um mesmo objeto (Figura 7).

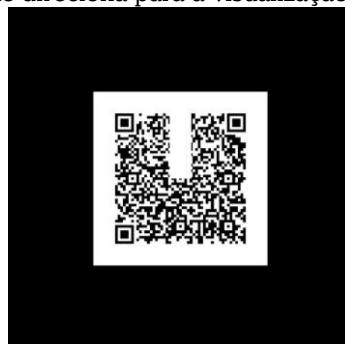
Figura 7 – Diferentes vistas usadas para explicar o mesmo fenômeno



Fonte: Lamberts (2004).

O entendimento é que a ilustração poderia se converter em uma experiência muito mais potente se organizássemos o mesmo exemplo em AR a partir de um prédio, ou sala de aula, no qual os estudantes estejam desenvolvendo suas atividades. Nessa perspectiva, dispõe-se aqui a proposta a ser acessada por meio do QR Code a seguir:

Figura 8 – QR code que direciona para a visualização do exemplo da Figura 7



Fonte: Autores (2023).

¹⁰ Jogo para celulares, lançado em 2016, que incentiva o exercício físico ao exigir do jogador buscar por criaturas virtuais, sobrepostas (pela câmera e GPS do aparelho) em diferentes locais das cidades.

¹¹ Serviço de visitas virtuais gratuitas mantido pelo Google em parceria com museus ao redor do mundo (Google, 2023).

¹² Aplicativo móvel que usa AR para desenho em ambiente virtual compartilhado (Sketchar INC., 2023).

¹³ Premiada aplicativo de matemática para visualização de geometria (pontos, retas e polígonos) a partir de suas funções geradoras (Geogebra, 2023).

REFERÊNCIAS

- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends in Human-Computer Interaction**, v. 8, n. 2-3, p. 73-272, 1997.
- BEKELE, M. K.; CHAMPION, E. Redefining mixed reality: User-reality-virtuality and virtual heritage perspectives. **CAADRIA**, Nova Zelândia, v. 2, p. 675-684, 2019.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de Aula Invert!da**: Uma metodologia ativa de aprendizagem. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.
- FONSECA, L. P. G.; CARLO, J. C. Ferramentas Didáticas para Apoio às Disciplinas da Área de Conforto Ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais** [...]. Juiz de Fora: ANTAC, 2012.
- FREITAS, M. R. de; RUSCHEL, R. C. What is happening to Virtual and Augmented Reality applied to architecture? **CAADRIA**, p. 407-416, 2013.
- GEOGEBRA. **About GeoGebra**. 2023. Disponível em: <https://www.geogebra.org/about>. Acesso em: 02 jun. 2023.
- GOOGLE. **Google Arts & Culture**. 2023. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/>. Acesso em: 02 jun. 2023.
- HOLZER, D. Teaching computational design and BIM in the age of (semi)flipped classrooms. **CAADRIA**, v. 2, p. 715-724, 2019.
- HUSSIEN, A.; WARAICH, A.; PAES, D. A review of mixed-reality applications in Construction 4.0. In: ANIL SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J. **Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment**. Reino Unido: Routledge, 2020. p. 131-141.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Arquitetura e clima. In: **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2016. p. 71-106.
- LATECAE. **Apresentação da disciplina Arq 326 - CONFORTO TÉRMICO**. Viçosa, [s. d.]. Disponível em: <http://www.latecae.ufv.br/pt-BR/arq-326>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- MACIEL, A. A. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. 338 f. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2006.
- MARSH, A. **PD: Earth/Sun**. 2023. Disponível em: <https://drajmarsh.bitbucket.io/earthsun.html>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- MEKNI, M.; LEMIEUX, A. Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends. **Applied Computational Science**, p. 205-214, 2014.
- MILOVANOVIC, J. et al. **Virtual and Augmented Reality in Architectural Design and Education**: An Immersive Multimodal Platform to Support Architectural Pedagogy. 2017. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01586746>. Acesso em: 22 dez. 2022.

NINCAREAN, D. et al. Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 103, p. 657-664, 2013.

PAES, D.; ARANTES, E. M. Immersive Virtual Reality As a Support Technology To the Understanding of Computational Models. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

SIDANI, A. et al. Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: a systematic review. **Journal of Building Engineering**, v. 42, p. 102500, 2021.

SKETCHAR INC. **Sketchar – Learn to Draw Your Future**. 2023. Disponível em: <https://sketchar.io/about/>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SONG, Y.; KOECK, R.; LUO, S. Review and analysis of augmented reality (AR) literature for digital fabrication in architecture. **Automation in Construction**, v. 128, p. 103762, 2021.