EXPLORANDO O HIGH E LOW-TECH NA ARQUITETURA: Rumo a edificações sustentáveis

Fernanda Marin Vieira (IC) e Professor Doutor Jair Antonio de Oliveira Junior (Orientador)

Apoio:PIVIC Mackenzie

RESUMO

Atualmente, dois tópicos têm gerado intensos debates: os avanços tecnológicos e as mudanças climáticas. O século XX testemunhou uma revolução digital sem precedentes, marcada por inovações na computação e na comunicação. Paralelamente, as questões ambientais ganharam relevância global, impulsionando reflexões sobre o impacto humano no planeta. Esses dois fenômenos influenciaram significativamente a arquitetura, fomentando inovações nas formas de projetar e construir, bem como no desenvolvimento de novas técnicas, estéticas e materiais. Esse movimento resultou em uma tendência arquitetônica global, que alia a preocupação ambiental ao uso intensivo de tecnologias computacionais.

Nesse cenário, emergem conceitos como sustentabilidade, high-tech e low-tech, que, quando combinados, possibilitam a formulação de ideias como o high-low e o eco-tech. O termo "high-low" explora a interação entre tecnologias avançadas e soluções simplificadas, enquanto "eco-tech" amplia essa relação ao campo da sustentabilidade. Este artigo busca investigar o diálogo entre essas abordagens, analisando estudos de caso e realizando uma ampla revisão bibliográfica para compreender como elas podem contribuir para resultados arquitetônicos mais sustentáveis. Ao explorar essas interações, pretende-se identificar estratégias que possam ser aplicadas na arquitetura contemporânea, promovendo um futuro mais equilibrado entre inovação e responsabilidade ambiental.

Palavras-chave: High-Tech. Low-Tech. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Currently, two topics have sparked intense debate: technological advancements and climate change. The 20th century witnessed an unprecedented digital revolution, marked by innovations in computing and communication. At the same time, environmental issues gained global prominence, prompting reflections on humanity's impact on the planet. These two phenomena have significantly influenced architecture, fostering innovations in design and construction practices, as well as the development of new techniques, aesthetics, and materials. This movement has resulted in a global architectural trend that combines environmental awareness with intensive use of computational technologies.

In this context, concepts such as sustainability, high-tech, and low-tech emerge, which, when combined, give rise to ideas like high-low and eco-tech. The term "high-low" explores the interaction between advanced technologies and simplified solutions, while "eco-tech" expands this relationship into the realm of sustainability. This article aims to investigate the dialogue between these approaches, analyzing case studies and conducting an extensive literature review to understand how they can contribute to more sustainable architectural outcomes. By exploring these interactions, the study seeks to identify strategies that can be applied to contemporary architecture, promoting a future that balances innovation with environmental responsibility.

Keywords: High-Tech. Low-Tech. Sustainability

1. INTRODUÇÃO

O conceito de high-low explora o diálogo entre ideias aparentemente antagônicas: alta e baixa tecnologia. Embora pareçam opostas, uma análise mais aprofundada revela que a relação entre elas é mais complexa, exigindo a compreensão individual de cada conceito.

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos transformaram significativamente a arquitetura, atualizando continuamente processos de projeto e construção (LOCATELLI et al., 2018). A arquitetura high-tech, fundamentada em inovações tecnológicas, faz uso de novos materiais, técnicas e métodos (PRADO, 2020). Já a arquitetura low-tech adota materiais naturais e processos manuais, frequentemente relacionados a práticas artesanais, de manufatura e ao vernacular (PRADO, 2020).

O conceito de high-low surge da interação entre esses dois extremos, combinando elementos de alta e baixa tecnologia ao longo do processo arquitetônico (LOCATELLI et al., 2018). Essa alternância nas fases conceituais, na execução e na escolha de materiais cria uma relação complexa, gerando novos diálogos e questionamentos no campo da arquitetura.

Fortemente ligado ao high-low está o conceito de arquitetura sustentável, que promove discussões sobre o emprego de diferentes escalas tecnológicas. Desde o final do século XX, a crescente preocupação com o meio ambiente tem impulsionado a busca por soluções sustentáveis na construção civil (VIEIRA; FILHO, 2009). Contudo, construir uma arquitetura ecologicamente correta continua sendo um desafio complexo, marcado por debates sobre as técnicas e materiais mais adequados para reduzir o impacto ambiental.

Esse artigo busca explorar a relação entre os conceitos de sustentabilidade, high-tech e low-tech, investigando como sua interação pode contribuir para a redução do impacto ambiental na arquitetura contemporânea. A pesquisa pretende, assim, identificar estratégias e tecnologias que promovam práticas arquitetônicas mais sustentáveis e eficazes.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

High-Tech

O avanço exponencial da tecnologia que vem ocorrido nas últimas décadas, transformando diversos setores. Na arquitetura, essa transformação trouxe novas metodologias de projeto e construção, dando origem a uma nova tendência arquitetônica, o high-tech (FLORES, 2015).

A Arquitetura High-Tech é caracterizada pela máxima exploração das potencialidades tecnológicas disponíveis. Seu objetivo é criar projetos arquitetônicos cada vez mais avançados, que combinem estética futurista com soluções funcionais e eficientes. Essa abordagem exige uma constante pesquisa e desenvolvimento, buscando sempre expandir os limites do conhecimento na área da construção civil (COLQUHOUN; HAWKES, 1995; DAMASCENO, 2009).

Mas afinal, qual é o conceito de tecnologia e o que pode se enquadrar na classificação de high-tech? De acordo com Duarte (1997), a tecnologia pode ser definida como a transformação de um conhecimento e sua instrumentalização em um aparelho que realiza a ação necessária seguindo os parâmetros desse conhecimento inicial. O high-tech engloba a computação, a robótica e a automação, o que foi apresentado por Davies (1988) como “high-tech da indústria”, diferenciando o enfoque da pesquisa do estilo pós-modernista “Arquitetura High-Tech”.

A alta tecnologia não se restringe aos meios, mas também se estende às aplicações. Ela se faz presente em todas as etapas da construção, desde a fase inicial de projeto até a gestão do edifício já concluído, otimizando processos, elevando a eficiência energética e proporcionam uma experiência mais confortável e segura aos usuários.

Os softwares utilizados por engenheiros e arquitetos são as ferramentas high-tech mais frequentemente utilizadas. Desde o desenho 2D até a complexa modelagem 3D, passando por simulações e cálculos estruturais, essas ferramentas digitais permitem um maior nível de precisão e detalhamento, otimizando processos e garantindo a qualidade dos projetos (AGUIAR; CAMPOS FILHO; GENEROSO, 2018).

Entre eles, destaca-se o sistema BIM (Building Information Modeling[1]). Esta metodologia, fundamentado em modelagem 3D, permite representações virtuais inteligentes de edifícios, oferecendo diversas perspectivas de visualização e contendo informações detalhadas sobre os elementos do projeto, como sua estrutura e sistema hidráulico, sendo um meio para otimizar processos e obter resultados com maior precisão e eficiência (MARIA, 2008).

Em sua fase conceitual, o projeto também pode tirar proveito da Arquitetura Paramétrica. Muito associada a modelos curvos e sinuosos, essa forma de arquitetura possibilita a construção de regras algébricas e geométricas que estabelecem relações entre os pontos de uma curva ou superfície, viabilizando a construção precisa de formas complexas e a geração de superfícies curvas controláveis.

[1] Em tradução livre: Modelagem da Informação de Construção

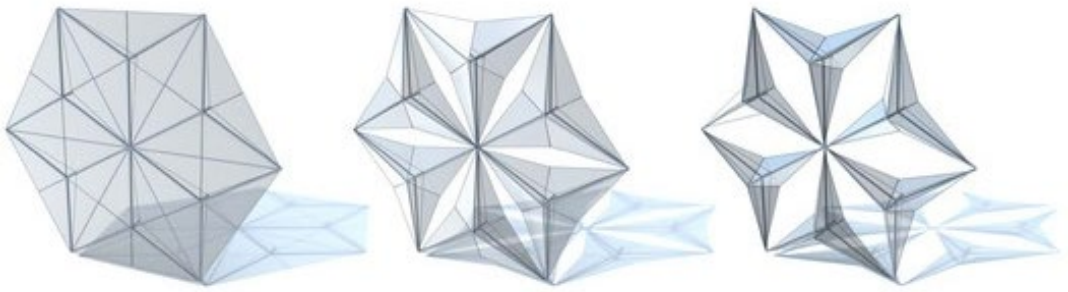
Sua definição simplificada diz que a Arquitetura Paramétrica é um modo de projetar edificações baseado em parâmetros definidos digitalmente, por meio de algoritmos e meios computacionais, assim alcançando novas formas orgânicas e complexas, que não poderiam ser utilizadas na construção civil sem essas ferramentas (FLORES, 2015). Através da análise de dados como insolação, materiais e condições locais, o processo paramétrico gera formas complexas e personalizadas. Essa metodologia permite a criação de estruturas compostas por elementos individuais interconectados, otimizadas para atender a requisitos específicos de cada projeto. (GHISLENI, 2021).

Durante o processo de execução do projeto é possível contar com a otimização concedida pela automação. Através da robotização, controlada por sistemas digitais, a construção se torna mais eficiente, segura e precisa, reduzindo custos e garantindo a fidelidade ao projeto original (FREITAS, 2015).

Ademais, também existem os materiais inteligentes, uma classificação de materiais inovadores que são capazes de responder ao ambiente e adaptar o edifício a certas condições (SOMMESE; AUSIELLO, 2023). Por meio de sensores e programação prévia, esses materiais podem reagir aos mais diversos estímulos, como campos elétricos e magnéticos, temperatura, radiação e acústica (“Materiais inteligentes: conceito e aplicações”, 2021) e, a partir disso, alterar seu estado, criando no interior do edifício uma maior comodidade e eficiência (OLIVEIRA, 1994).

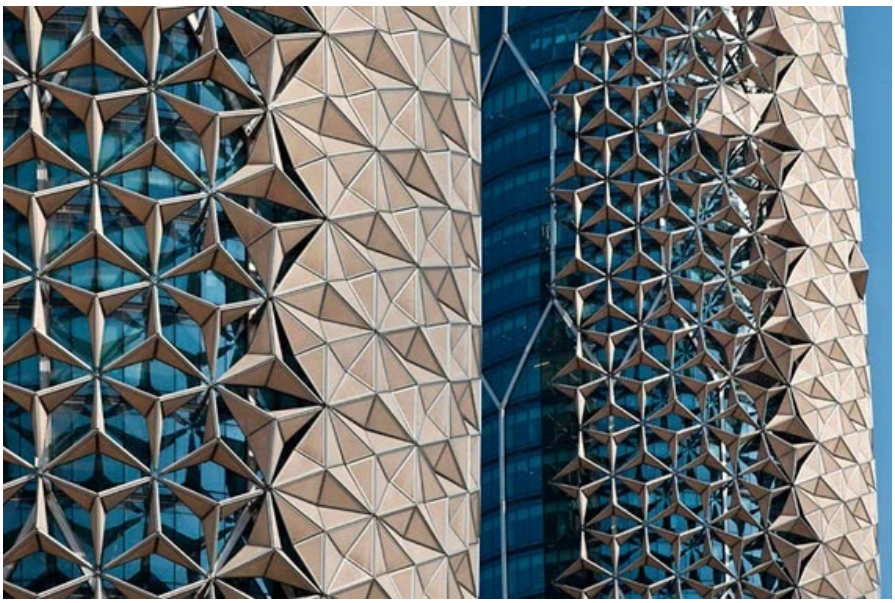
Dois importantes edifícios de alta tecnologia que utilizam materiais inteligentes são as Torres Al Bahar. Projetadas pela equipe de design computacional Aedas, as torres possuem uma pele dinâmica formada por painéis triangulares inteligentes que são programados para acompanhar a jornada do sol durante o dia e responder à incidência da radiação solar, assim regulando a entrada de calor e iluminação no interior do edifício e criando um maior conforto em meio às altas temperaturas de Abu Dhabi (FRANCO, 2013).

Figura 1 - Diagrama dos painéis inteligentes das Torres Al Bahar



(Fonte: Aedas)

Figura 2 - Fotografia das fachadas do projeto Torres Al Bahar



(Fonte: Aedas)

Em síntese, a arquitetura high-tech é a aplicação de meios mecanizados e digitais na construção civil com o intuito de simplificar o processo arquitetônico e entregar resultados mais precisos e tecnologicamente evoluídos.

Low-Tech

Em contraponto ao high-low, é encontrada a Arquitetura Low-Tech, que busca harmonia com a natureza. Essa abordagem valoriza a utilização de técnicas, ferramentas e tecnologias simples e naturais, muitas vezes associadas a trabalhos artesanais conectados integralmente a cultura e tradição local, que antecedem a Revolução Industrial e, por vezes, são erroneamente considerados obsoletos (ALMEIDA, 2012). A arquitetura low-tech vem sendo um contra ponto para a grande exploração mineral e utilização de materiais e técnicas que prejudicam o meio-ambiente (VESTING, 2022).

Os principais materiais considerados low-tech são: madeira, pedra, palha e derivados de solo (SALIHBEGOVIC, 2020). São materiais resistentes, versáteis e com baixo impacto ambiental, podendo cumprir as mesmas funções que materiais como o concreto e o ferro. Ao combiná-los de forma inteligente, é possível construir edificações com excelente desempenho térmico e acústico, além de reduzir significativamente o consumo de energia. Arquitetos que adotam a abordagem low-tech valorizam o potencial desses materiais, buscando soluções construtivas que aliem tradição e inovação, sempre com foco na sustentabilidade e no bem-estar dos usuários.(PRADO, 2020).

Como consequência da utilização dos materiais naturais estão a redução de custos e esforços com transporte e a valorização das características naturais da região (ALMEIDA, 2012). De acordo com Mendonça (2015), a relação entre a edificação e a disponibilidade de material na região era algo notório até a Revolução Industrial, no século XVIII. O surgimento de materiais industrializados e a popularização dos meios de transporte tornou a arquitetura mais padronizada e distante da natureza, de modo que a revalorização de materiais naturais locais pode permitir o renascimento da identidade da região que abriga a edificação, o menor gasto com deslocamento e a atenuação do índice de poluição com a redução da queima de combustíveis, além do favorecimento de outros fatores naturais do lugar, como os ventos, o clima e o solo (ALMEIDA, 2012; MENDONÇA, 2015).

A partir disso, é válido analisar o conceito de Arquitetura Vernacular. De acordo com Emekci (2021), a Arquitetura Vernacular pode ser definida como o uso de técnicas que aplicam recursos locais e se inspiram no ambiente, na história e na cultura da região. Esse estilo de arquitetura e construção tem plena conexão com as particularidades de seu espaço e, em sua maioria, origem rural, uma vez que se distancia dos efeitos da urbanização. Além do mais, o vernacular estabelece uma forte relação com o ambiente natural, respeitando seu clima, relevo e aspectos físicos e também favorece o conforto térmico, o mínimo gasto de energia e o baixo impacto ambiental, uma vez que não incentiva a emissão de gases poluentes e a exploração de recursos minerais limitados (REIS; CASTRO, 2020; YILDIRIM; EMEKCI, 2021).

O conceito de Arquitetura Vernacular causa certa confusão entre os estudiosos do assunto por sua grande similaridade com a Arquitetura Primitiva, como mostrado por Teixeira (2008), Ambas valorizam técnicas e materiais de baixo impacto ambiental, mas a vernacular se caracteriza por uma profunda conexão com o lugar, utilizando recursos e conhecimentos locais. Já a low-tech, com um escopo mais amplo, engloba qualquer tipo de construção que evite o uso excessivo de tecnologia, independentemente de sua origem geográfica.

Para melhor entendimento do conceito de Arquitetura Low-Tech, será apresentado um projeto como exemplo: O Posto de Saúde projetado pelos arquitetos do Estudio ELGUE, que se localiza em um vilarejo ao sul do Paraguai. Diante dos desafios impostos pelo baixo orçamento e pela dificuldade de acesso à região, o projeto precisou se adaptar aos recursos locais e à mão de obra disponível, adotando técnicas construtivas simples e artesanais (DELAQUA, 2012).

Figura 3 - Fotografia do muro externo do projeto Posto de Saúde

(Fonte: Estudio ELGUE)

Desse modo, a projeto valorizou a simplicidade e as técnicas construtivas tradicionais, utilizando materiais como tijolos de barro, fibras vegetais e madeira de quebracho vermelho, todos obtidos e trabalhados localmente com ferramentas manuais. A pequena edificação de 2006 explora ao máximo as características de sua localidade, não apenas aplicando os materiais disponíveis, mas também fazendo proveito dos recursos intangíveis, se tornando integrado ao ambiente e otimizando o uso da luz natural, da sombra e dos espaços (DELAQUA, 2012).

De modo a concluir o tópico, é de importância ressaltar que a Arquitetura Low-Tech não visa a regressão ao passado e aos conceitos tradicionais, seu real propósito é reduzir a dependência por tecnologias digitais que a arquitetura tem sofrido nos últimos tempos, como apontado por Delafoi (2019) e assim trazendo de volta também um maior respeito para com a natureza.

High-Low

Diante dos conceitos apresentados de High e Low-Tech, nesse momento se faz relevante o estudo do diálogo entre eles. Segundo Delafoi (2019), não existe uma demarcação clara entre aquilo que se diz ser de baixa e de alta tecnologia. Embora seus conceitos teóricos possam parecer antagônicos, na prática, suas aplicações são frequentemente interligadas. O termo High-Low surge dessa compreensão entre a alta tecnologia, muito caracterizada por técnicas elaboradas e a computação, e a baixa tecnologia, inerente ao fazer arquitetônico sem utilização de meios digitais (LOCATELLI et al., 2018).

Ao comparar high-tech e low-tech, percebemos que a primeira se destaca pela inovação tecnológica, oferecendo sistemas automatizados que garantem conforto ambiental e operacional, uma vez que, por meio da robótica, janelas, portas e brises podem ser automatizados e operados digitalmente. No entanto, o alto custo de implementação e a dependência de energia elétrica são limitações significativas(YILDIRIM; EMEKCI, 2021).

A utilização de tecnologias como impressão 3D, robotização e sensores capacitivos exige um maior investimento financeiro, concentrando o uso do high-tech em projetos de grande porte e em regiões com maior poder aquisitivo. Ao passo que o low-tech valoriza a natureza, a tradição e o ser humano, fazendo uso de materiais menos processados e técnicas simples que exigem menor esforço, é mais acessível a comunidades de baixa renda e regiões remotas, promovendo o desenvolvimento local e a valorização do conhecimento ancestral (PRADO, 2020; YILDIRIM; EMEKCI, 2021).

A interação entre as abordagens high-tech e low-tech possibilita uma reavaliação dos materiais convencionais, agregando valor e otimizando processos construtivos. Além disso, o uso de ferramentas digitais e técnicas avançadas democratiza o conhecimento, permitindo que profissionais com menor qualificação técnica participem ativamente dos projetos (SINING, 2018).

Contudo, esse não é o único modo de conexão entre a alta e a baixa tecnologia. As combinações são diversas e, para obter uma explicação mais clara, é válida a divisão do processo projetual em quatro partes: conceito, forma de projetar, materialidade e execução. O conceito de um projeto é sua ideia-base, seus princípios, as sensações e intenções que o arquiteto quer transmitir, dessa forma, é uma fase abstrata do processo (AMARAL, 2024). Os diferentes níveis de tecnologia podem ser expressos nesta fase por meio da inspiração do arquiteto: apresentando ideias tradicionais e que remetem à natureza, o conceito pode ser caracterizado como low-tech, já se essas ideias seguirem parâmetros mais tecnológicos e futuristas o conceito do projeto será high-tech.

A forma de projetar é uma fase que já foge um pouco da abstração, porém ainda faz parte do âmbito intangível. Essa etapa engloba, principalmente, os desenhos técnicos, modelagens e cálculos que viabilizam a construção do projeto e podem ser executados dos mais diferentes modos, desde o pleno low-tech, com o trabalho inteiramente manual, até modos que envolvem tecnologias mais avançadas, com o uso de softwares e meios digitais.

Já a materialidade é a primeira fase tangível do processo. A escolha de materiais adequados é de grande importância para facilitar a execução e obter bons resultados. A escolha dos materiais também reflete a posição do projeto na escala tecnológica, como já demonstrado. Considerando os dos dois exemplos de materiais já apresentados, os materiais

naturais e os tecnológicos, é válida uma nova análise dentro da esfera do high-low: os materiais naturais realmente são integralmente ligados ao low-tech, porém os materiais high-tech, quando estudados mais a fundo, deixam brechas. Os autores Vazquez e Duarte (2019) apontam que o fato de materiais inteligentes funcionarem como atuadores e como sensores os conduz a um possível ponto intermediário entre o high e o low-tech, a falta de sistemas mecânicos em certos materiais da categoria faz com que sejam uma opção de substituição para elementos ainda mais avançados e sofisticados.

Por último, a execução de um projeto arquitetônico é o estágio do processo em que a edificação se materializa. Esta etapa de construção de um projeto pode durar longos períodos e demandar muitos gastos, além de ser a fase mais poluente dentre todas do processo.

Os resíduos sólidos resultantes da construção civil são de grande impacto para o meio ambiente tanto por seu descarte inapropriado quanto por seu alto volume. No ano de 2021, segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), o Brasil acumulou mais de 48 milhões de toneladas de resíduos de construção civil, fazendo dessa indústria uma das mais poluentes (SILVA; SOUZA; MOREIRA, 2023).

O modo de construção de um projeto varia muito dependendo dos objetivos do arquiteto e da disponibilidade de orçamento, mão de obra e tecnologia. As opções variam desde construções totalmente manuais, com mão de obra desqualificada, até processos altamente automatizados, operados por máquinas e softwares especializados. No contexto brasileiro, é comum encontrar um cenário intermediário, com a utilização de mão de obra pouco qualificada e maquinário de grande porte. Essa abordagem, embora busque otimizar os processos, é limitada pela disponibilidade de tecnologia de ponta na região, aproximando-se mais do low-tech.

Ainda vale realçar que, além desses quatro pontos, também poderia ser considerado o fator da funcionalidade do edifício, incluindo assim questões como a domótica e sistemas de manutenção, porém, pelo enfoque da pesquisa ser no processo projetual foi preferível não acrescentar a análise desse segmento.

Dando continuidade: as quatro etapas apresentadas estão presentes em todos os projetos arquitetônicos e elas podem guiar a dinâmica high-low visto que fases diferentes do processo podem utilizar escalas diferentes de tecnologia. Projetos podem contar com uma conceituação (fases intangíveis) high-tech, através da utilização de técnicas avançadas e computação, porém utilizar materiais e mão de obra de baixa tecnologia, do mesmo modo que o contrário também é viável de se ocorrer.

Essas diversas variáveis existentes dentro do diálogo high-low mostram como a baixa e a alta tecnologia estão intrinsecamente interligadas na arquitetura, tanto atualmente quanto no passado, uma vez que dinâmicas high-low podem ser encontradas em edificações executadas em décadas e séculos atrás, com as ocas indígenas construídas antes mesmo da colonização do Brasil, no século XVI.

Os estilos de oca variam muito entre as tribos indígenas, porém a maioria delas emprega materiais disponíveis na natureza local, como palha e madeira, e aplica conhecimentos muito desenvolvidos, atingindo resultados aerodinâmicos, de baixo custo e propícios para o meio ambiente e a comunidade (ALVES, 2024). Essa arquitetura traz o high-tech em seu conceito e o low-tech na materialidade e na execução, sendo apenas uma das tantas possíveis demonstrações do high-low.

Para melhor ilustrar o diálogo, serão apresentados estudos sobre dois projetos: o CoBLOgó, de SUBdV e a Casa de Chá, de Archi-UNION. Este se localiza em Xangai e é uma edificação que busca trazer harmonia, equilibrando conceitos antagônicos e respeitando seu ambiente. Sua construção se deu a partir de estruturas reminiscentes de um galpão que ocupava o local anteriormente, limitando de certa forma seu projeto, porém trazendo inspiração para renovações (FREARSON, 2012).

Figura 4 - Fotografia da fachada do projeto Casa de Chá

(Foto: Zhonghai Shen)

Seu arranjo é separado em três principais partes: no pavimento térreo, uma área pública próxima ao ambiente externo e um quarto de chá; e, no superior, uma biblioteca. A transição desses espaços é feita por uma escadaria que apresenta um design surpreendente e inovador, com formato irregular torcido, dificilmente compreendido através de expressões 2D.

Sua forma foi projetada por ferramentas paramétricas, porém sua construção era limitada pela materialidade e mão de obra simples disponíveis, criando assim um desafio para ambas as vertentes, tanto para o high, quanto para o low-tech.

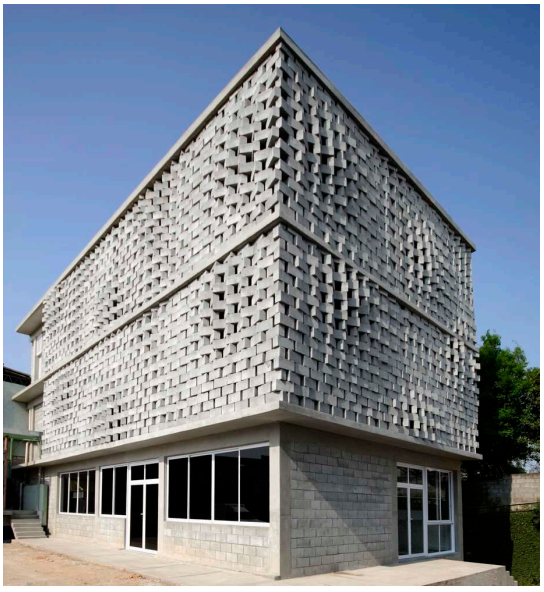
Seguindo o modelo digital, foi desenvolvida uma estrutura de madeira que, posteriormente, foi coberta por uma cofragem, criando o formato curvo (FREARSON, 2012). A concretagem ocorreu de maneira manual e foi feito o uso de vergalhões seguindo as linhas retas que baseiam a forma irregular para proporcionar maior estabilidade (HOWE, 2013). O resultado obtido se assemelha quase que perfeitamente ao modelo digital, porém se fazem presentes imperfeições causadas pela execução manual, mostrando de modo tangível o diálogo high-low.

Figura 5 - Fotografia interna do pavimento térreo do edifício mostrando o resultado da escadaria

(Foto: Zhonghai Shen)

O projeto CoBLOgó, desenvolvido pelo escritório SUBdV em 2014, é um anexo de uma fábrica em Taboão da Serra (SP) e abriga escritórios e áreas de armazenamento.

Figura 6 - Fotografia da fachada do projeto CoBLOgó

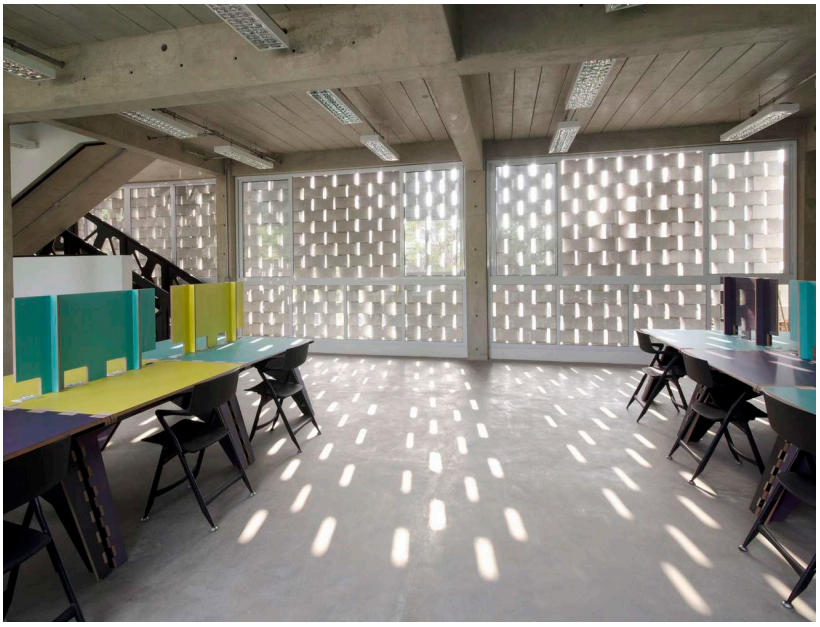


(Foto: Rodrigo Chust)

Sua ideia base era executar o conceito de ornamentação ambiental, em que a fachada do edifício ganha uma funcionalidade além da ornamentação, servindo ativamente para o conforto interno da construção (“CoBLOgó / SUBdV”, 2020).

De acordo com o escritório SUBdV, o projeto foi realizado em três etapas: o design paramétrico, a simulação e a fabricação digital. Através das tecnologias paramétricas, foram calculadas diferentes angulações para os blocos de concreto utilizados, assim criando aberturas que filtram a radiação solar e evitam a entrada de massas de ar quente. Essas rotações e aberturas foram testadas por meio de simulações digitais, buscando o melhor desempenho em termos de iluminação e sombreamento ao longo do dia (“CoBLOgó / SUBdV”, 2020).

Figura 7 - Fotografia de ambiente interno do CoBLOgó ilustrando o efeito de luz e sombra



(Foto: Rodrigo Chust)

A execução foi fundamentada em guias feitas de papelão cortado a laser, também geradas de modo paramétrico, que indicavam o ângulo exato em que os blocos deveriam ser posicionados, tornando o processo de construção simples e objetivo (LOCATELLI et al., 2018).

A computação paramétrica se fez presente no projeto de diferentes formas, analisando geometrias, avaliando o desenho ambiental e gerando painéis decorativos e mobiliários. O projeto CoBLOgó é a primeira vez no Brasil em que foi construída uma edificação com fachada multiforme desenvolvida por ferramentas paramétricas (“CoBLOgó / SUBdV”, 2020). O conceito high-low é defendido e aplicado de modo pelos arquitetos envolvidos no projeto, utilizando computação para produzir uma arquitetura executada por mão de obra pouco qualificada, sem dificuldades ou intercorrências.

Figura 8 - Fotografia de processo de construção do projeto

(Foto: Rodrigo Chust)

De modo a encerrar o estudo de exemplos, ainda vale expor o conceito dos antigos ar-condicionados naturais, desenvolvido pelo povo árabe. Para melhorar sua condição de vida nos intensos verões secos, a população do Oriente Médio desenvolveu estratégias que valorizassem a ventilação natural.

Existem duas principais versões de sistemas para essas edificações, o Malqaf e o Bad-ghir: o primeiro consiste no uso de uma torre elevada no centro do edifício e cercada por colunas direcionadas para os principais ventos para coletar o ar. Durante a noite, o calor presente no ar é absorvido pelas paredes da torre, de modo a fazer o ar arrefecido, com sua maior densidade, descer para os ambientes da edificação (“Ar condicionado natural: a utilização do arrefecimento evaporativo na arquitetura árabe antiga”, 2017).

Já o segundo, funciona a partir de uma torre subdividida em setores formada por paredes leves que, independentemente de fatores climáticos, posicionamento e estações do ano, dois desses setores, consecutivamente, ficam sombreados e criam uma correnteza de ar que proporciona a saída do ar quente e a entrada do ar frio, que, novamente, desce por conta de sua densidade superior.

Esses dois processos da antiga arquitetura mediterrânea trazem um diálogo de high-low diferente dos projetos apresentados anteriormente, dessa vez não há o uso de tecnologias computacionais, mas uma conceituação baseada em técnicas extremamente avançadas e inteligentes, tirando o máximo proveito de conhecimentos científicos (“Ar condicionado natural: a utilização do arrefecimento evaporativo na arquitetura árabe antiga”, 2017).

O high-low e a sustentabilidade

O século XX não apenas testemunhou avanços tecnológicos como também intensificou a preocupação com o meio ambiente, impulsionada pelo crescimento urbano e pela geração de resíduos (VIEIRA; FILHO, 2009).

A partir disso, já no início do século XXI, um grupo de arquitetos comprometidos a criarem projetos que fossem aliados do meio ambiente cunhou o conceito de “Arquitetura Sustentável”, que, de acordo com Corbella, define empreendimentos com o objetivo de conciliar o bem-estar humano e a qualidade do ambiente construído e seu entorno, além de apresentar um uso eficiente dos recursos naturais. Todavia, a arquitetura sustentável não se limita apenas a isso, também se expande atingindo outras questões, como infraestrutura, problemas socioeconômicos e urbanização (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

A Agência Internacional de Energia (AIE) aponta em relatórios que a construção civil é responsável por mais de 30% dos gastos globais com energia, além de ser uma indústria causadora de grande extração de recursos naturais limitados, fazendo dela a segunda maior indústria poluente no mundo (VIEIRA; FILHO, 2009; YILDIRIM; EMEKCI, 2021). Esse grande gasto de energia e minerais determina que para se atingir sustentabilidade em uma edificação é interessante que haja redução considerável desses gastos, não apenas durante sua construção, mas também em sua operação (YILDIRIM; EMEKCI, 2021).

As vantages da Arquitetura Sustentável são diversos e podem ser separados em categorias: os benefícios estratégicos, que evitam danos ao planeta, os operacionais, que asseguram a redução de gastos e desperdícios, e os econômicos, que deixam a edificação mais atraente e com operação mais simples (VIEIRA; FILHO, 2009). A combinação desses benefícios proporciona a construção de edifícios com menor impacto ambiental e alto desempenho, um resultado desejável que, no entanto, demanda um esforço contínuo de pesquisa e desenvolvimento.

Após analisar dos diversos itens apresentados é possível acordar que a Arquitetura Sustentável é uma síntese de conforto ambiental, técnicas construtivas, questões sociais e econômicas, conceitos arquitetônicos e eficácia energética que se baseia em uma visão de médio e longo tempo, de modo a se concluir que para se obter essa sustentabilidade se fazem necessários estudos desde o início do processo projetual, na leitura do contexto e nas decisões iniciais, assim garantido que todas as fases de seu desenvolvimento garantam sustentabilidade (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

A conexão da sustentabilidade com o high-low é mais profunda do que aparenta ser. No high-tech são pensadas edificações inteligentes que objetivam a redução de gastos energéticos e melhor controle de temperatura, por meio de controles automatizados e sistemas gerenciadores de infraestrutura, desse modo se faz atraente a ideia de utilizar ferramentas capazes de responder e se adaptar a diferentes estados climáticos, como materiais inteligentes e meios digitais, porém, a alta tecnologia pode exigir um maior gasto de energia durante sua execução, não sendo totalmente vantajoso (LE BOURLEGAT; OLIVO; COSTA, 2015; VAZQUEZ; DUARTE, 2019).

Já no low-tech existe uma grande área de interseção com os interesses da sustentabilidade, ambos conceitos valorizam os elementos naturais e buscam a harmonia entre a edificação, a natureza e o homem, possuindo premissas como a utilização de materiais naturais e reciclados, no entanto, o low-tech também possui suas desvantagens uma vez pode causar impacto ambiental caso a mão de obra, por ser pouco qualificada, execute processos de extração e construção de maneira inadequada (ALMEIDA, 2012; VESTING, 2022). Em vista disso, é perceptível que a Arquitetura Sustentável tem a necessidade da utilização de tecnologia adequada, exigindo edifícios que sejam de baixa e alta tecnologia simultaneamente e assim revelando como se relaciona com o high-low (YILDIRIM; EMEKCI, 2021).

O estudo conjunto de high-low e sustentabilidade na arquitetura fez surgir um conceito secundário denominado Arquitetura Eco-Tech, que se baseia na utilização de materiais naturais provenientes do low-tech sendo aplicados com as técnicas avançadas do high-tech, objetivando o mínimo desgaste e impacto no meio ambiente (PRADO, 2020). O eco-tech pode ser uma boa ilustração para a dinâmica do high-low com a sustentabilidade, porém é invalido se restringir apenas a isso por conta de seu conceito limitado que não explora todas as possibilidades desta dinâmica.

Retornando aos exemplos anteriormente estudados, é possível entender como essa conexão é profunda, posto que as edificações apresentadas exploram a tecnologia de diferentes modos e, mesmo que não diretamente, todas trazem solução que reduzem os gastos com energia e ainda proporcionam o conforto ambiental, com a redução do uso de sistemas elétricos de resfriamento e iluminação artificial.

Em síntese, a arquitetura de baixo impacto ambiental transcende estilos e épocas, diferentes culturas desenvolveram soluções construtivas que, embora diversas em forma, compartilham o princípio de utilizar os recursos locais e os conhecimentos da física para minimizar o impacto ambiental das edificações (GONÇALVES; DUARTE, 2006). Por fim conclui-se que a Arquitetura Sustentável é um campo vasto e diversificado, que engloba uma variedade de abordagens e soluções. Seu objetivo principal é a construção de edifícios que,

além de respeitarem o meio ambiente, proporcionem conforto e qualidade de vida aos seus ocupantes.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, é importante recapitular que a Arquitetura Sustentável busca uma conexão mutuamente benéfica entre o homem, o meio ambiente e a tecnologia, com maior eficiência energética, redução de resíduos e um novo conceito estético para a indústria da construção civil. Essa abordagem é fundamental atualmente, de modo a proteger o meio ambiente e a vida humana (YILDIRIM; EMEKCI, 2021).

Para se obter soluções sustentáveis o high-low se faz indispensável, sendo o principal meio de reduzir as desvantagens que os conceitos apresentam quando isolados e otimizando a eficiência ambiental dos projetos (YILDIRIM; EMEKCI, 2021). Concluindo que alta e baixa tecnologias se complementam, sendo ambas essenciais para alcançar a sustentabilidade na construção civil. Essa cooperação permite desenvolver soluções mais eficientes e inovadoras, beneficiando diversos aspectos da arquitetura.

O emprego do high-low sustentável já se faz presente na arquitetura atual, não sendo apenas uma ideia utópica e realmente sendo aplicado em edificações existentes, porém, ainda sofre com limitações socioeconômicas que não permitem que sua utilização seja popularizada em todo o mundo. O Brasil e outros países em desenvolvimento ainda possuem pensamentos poucos tecnológicos em seu ensino que atrapalham o uso da alta tecnologia e, consequentemente, interferem na aplicação do conceito high-low de modo eficiente.

Assim, concluímos que o entendimento dos conceitos de sustentabilidade e high-low é de suma importância para a discussão sobre a produção atual da arquitetura e já se mostra parte dela, porém ainda é preciso um maior estudo e valorização para se tornar uma realidade mundial e assim atingir seus objetivos de eficiência energética, conforto ambiental, uso adequado da tecnologia e otimização de recursos e processos construtivos.

4. REFERÊNCIAS

AGUIAR, N.; CAMPOS FILHO, L.; GENEROSO, F. **O uso de softwares na engenharia civil e arquitetura12º fórum ensino extensão gestão**2018.

ALMEIDA, E. **Desenhar a verde : um estudo comparativo entre a arquitectura sustentável high-tech e low-tech**. 2012. Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

ALVES, T. **Arquitetura Indígena: O que podemos aprender com a arquitetura dos povos originários?** Disponível em: <https://caubr.gov.br/arquitetura-indigena-o-que-podemos-aprender-com-a-arquitetura-dos-povos-originarios/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

AMARAL, L. **Partido Arquitetônico e Conceito Arquitetônico: Para que serve?Arquiteto Leandro Amaral**20 abr. 2024. Disponível em: <https://arquitetoleandroamaral.com/partido-arquitetonico/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

Ar condicionado natural: a utilização do arrefecimento evaporativo na arquitetura árabe antiga. Disponível em: <https://www.seeleyinternational.com/pt/eu/news/natural-air-conditioning-the-use-of-evaporative-cooling-in-ancient-arabic-architecture/>. Acesso em: 17 ago. 2024.

CoBLOgó / SUBdV. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/874036/coblogo-subdv>. Acesso em: 19 jun. 2024.

COLQUHOUN, D.; HAWKES, A. G. The Principles of the Stochastic Interpretation of Ion-Channel Mechanisms. *Em*: SAKMANN, B.; NEHER, E. **Single-Channel Recording**. Boston, MA: Springer US, 1995. p. 397–482.

DAMASCENO, J. Caminhos tortuosos do high-tech. Em: 2009, São Paulo. [...]. São Paulo: 2009.

DAVIES, C. **High tech architecture**. New York, NY: Rizzoli International Publications, 1988.

DELAFOI, F. **Le low-tech, une piste pour contrer les outrances de la haute technologie**. Disponível em: <https://www.letemps.ch/economie/lowtech-une-piste-contrer-outrances-haute-technologie>. Acesso em: 19 jun. 2024.

DELAQUA, V. **Posto de Saúde / Estudio ELGUE**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-38974/posto-de-saude-estudio-elgue>. Acesso em: 12 ago. 2024.

DUARTE, F. **Arquitetura e as tecnologias de informação: da revolução industrial a revolução digital**. 1997. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=481552>. Acesso em: 2 jul. 2024.

FLORES, F. **A influência das tecnologias digitais, no processo de pensar/desenhar Arquitetura**. 2015. Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/4800>. Acesso em: 5 jul. 2024.

FRANCO, J. T. **As Torres Al Bahar e sua fachada sensível, por Aedas Architects**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-93779/as-torres-al-bahar-e-sua-fachada-sensivel-por-aedas-architects>. Acesso em: 5 ago. 2024.

FREARSON, A. **Tea House by Archi-Union**. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2012/03/09/tea-house-by-archi-union/>. Acesso em: 17 ago. 2024.

FREITAS, J. **Automação na Construção Civil**. 2015. Unversidade Estadual de Goiás, Goiás, 2015. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41084351/TCC_-_Jean_Tharley_de_Freitas-libre.pdf?1452734471=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAutomacao_na_Construcao_Civil.pdf&Expires=1723152740&Signature=WsmEPnrtbilSClpkvnnUTWy37Gtzmx6itwUuiW4oZxaVnn9s~X4jli6Hv2JRNqRzsDSyQWB0HPIga~7XZMLw0edHuCeBs8mHSOL9aNrJ370wegrF6DTijJs~n4cJUj6wciHFFMyCCLtB0u-IUBYDHEMLOnvRwBhAEnGd003qTvl8B4D2Vq~lRQr6J2wdryQDklqPrvDh3KqlBx5U5wDnpvO7758U6H-VuqBnNN~0FJ2oqJHn-6v0dwJVCltMsM-YD4PlbJAVPDOsPCfdsqo-vsaxiwWOnqpPip89BtrU2sY2tlSq2W7kKxY12EykS~RW2taVeMRrIGDvky1jDhcgkg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Acesso em: 8 ago. 2024.

GHISLENI, C. **O que é arquitetura paramétrica?** Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/971014/o-que-e-arquitetura-parametrica>. Acesso em: 18 ago. 2024.

GONÇALVES, J.; DUARTE, D. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, 4. v. 6, p. 51–81, 2006.

HOWE, N. FluidScape : La investigación en Encofrado paramétrico. Em: 2013, [...]. 2013. p. 405–409.

LE BOURLEGAT, C.; OLIVO, M.; COSTA, K. Richard Rogers e a Transição do High-tech para o Eco-tech. **COLLOQUIUM HUMANARUM**, v. 12, n. Especial, p. 359–366, 20 out. 2015.

LOCATELLI, D.; PAULA, A. de; OMENA, T.; THIAGO, A. High-Low as expression of the Brazilian digital fabrication. Em: 2018, São Carlos. [...]. São Carlos: 2018.

MARIA, M. **Tecnologia BIM na Arquitetura**. 2008. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://adelpha-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/fc146b28-6e53-4599-b74f-7734e0b51dfc/content>. Acesso em: 8 ago. 2024.

Materiais inteligentes: conceito e aplicações. **Chronos Jr**15 set. 2021. Disponível em: <https://chronosjr.com.br/blog/materiais-inteligentes/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

MENDONÇA, P. Vantagens da Utilização de Materiais Naturais ou Pouco Transformados. *Em*: **Seminário reVer - Contributos da arquitetura vernácula portuguesa para a sustentabilidade do ambiente construído**. Porto: Ricardo Mateus, Jorge Fernandes, Luís Bragança, Manuela Almeida, Sandra Silva, Paulo Mendonça, Helena Gervásio, 2015.

OLIVEIRA, S. **Os materiais inteligentes e suas aplicações**. 1994. UFRJ, Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Savi/publication/282480381_Os_Materiais_Inteligentes_e_suas_Aplicacoes/links/5bd212ac299bf1124fa36717/Os-Materiais-Inteligentes-e-suas-Aplicacoes.pdf>.

PRADO, L. **Aquitetura contemporânea em madeira: um ensaio a partir de (ins)urgências tecnológicas e socioambientais**. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2020.

REIS, H.; CASTRO, M. Arquitetura vernácula e sustentabilidade Arquitetura montessoriana e características vernaculares brasileiras. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 2076–2083, 2020.

SALIHBEGOVIC, A. Natural Materials in Contemporary Low-Tech Architecture. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 960, n. 4, p. 042012, 1 dez. 2020.

SILVA, E.; SOUZA, V.; MOREIRA, K. A importância do gerenciamento dos resíduos sólidos de construção e demolição na construção civil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 5, maio 2023. Disponível em: <https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2023/1321_a_importancia_do_gerenciamento_dos_residuos_solidos_de_construcao_e_de.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SINING, W. **Estudo de fluxo de trabalho de materialização regional de uma arquitetura de tijolos de "design digital – construção de baixa tecnologia" na área rural da China**. Disponível em: <www.ikuku.cn/article/regionalmaterializationworkflowstudyofadigitaldesign-low-techbuildbrickarchitectureinchinasruralarea>. Acesso em: 24 maio. 2022.

SOMMESE, F.; AUSIELLO, G. From Nature to Architecture for Low Tech Solutions: Biomimetic Principles for Climate-Adaptive Building Envelope. *Em*: ARBIZZANI, E.; CANGELLI, E.; CLEMENTE, C.; CUMO, F.; GIOFRÈ, F.; GIOVENALE, A. M.; PALME, M.; PARIS, S. **Technological Imagination in the Green and Digital Transition**. The Urban Book Series. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 429–438.

TEIXEIRA, C. Considerações sobre a arquitetura vernácula. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 15, n. 17, 2008.

VAZQUEZ, E.; DUARTE, J. Computational tools for designing shape- changing architectures. **ARCC Conference Repository,** v. 1, n. 1, p. 9, 17 maio 2019.

VESTING, N. **Low tech architecture. The (re)discovery of sustainable buildings**. Disponível em: <https://ndion.de/en/low-tech-architecture-the-rediscovery-of-sustainable-buildings/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

VIEIRA, L.; FILHO, M. A emergência do conceito de Arquitetura Sustentável e os métodos de avaliação do desempenho ambiental de edificações. **Humanae**, v. 1, p. 1–26, dez. 2009.

YILDIRIM, A.; EMEKCI, Ş. Sustainability in Architecture: Low-tech or High-tech? Em: Proceedings Article, 2021, [...]. Alanya Hamdullah Emin Paşa University, 2021. p. 107–111.

Contatos: fernandamvfau@gmail.com e jair.oliveira@mackenzie.br