

**COLETÂNEA CIENTÍFICA
DISCIPLINA DE TECNOLOGIA DAS
CONSTRUÇÃO
ARQUITETURA E URBANISMO**

2025

PEDRO EMILIO AMADOR SALOMÃO

ORGANIZADOR

ISBN: 978-65-84869-32-5



TEÓFILO OTONI – 2025

Copyright ©: Autores diversos

Projeto gráfico: Núcleo de Investigação Científica e Extensão (NICE)

Diagramação: Núcleo de Investigação Científica e Extensão (NICE)

Capa: Núcleo de Investigação Científica e Extensão (NICE)

ISBN: 978-65-84869-32-5

SALOMÃO, P. E. A., (Organizadores)

COLETÂNEA CIENTÍFICA DISCIPLINA DE TECNOLOGIA DAS
CONSTRUÇÃO ARQUITETURA E URBANISMO

TEÓFILO OTONI - JULHO/2025

ISBN: 978-65-84869-32-5

1. PUBLICAÇÕES 2. RESUMOS 3. CIÊNCIA 4. TECNOLOGIA

NICE 41

FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI

**Núcleo de
Investigação
Científica e
Extensão (NICE)**

Assinado de forma digital por
Núcleo de Investigação Científica e
Extensão (NICE)
DN: cn=Núcleo de Investigação
Científica e Extensão (NICE),
o=AlfaUnipac, ou=AlfaUnipac,
email=nice@unipacto.com.br,
c=BR
Dados: 2023.01.26 17:30:50 -03'00'
Versão do Adobe Acrobat:
2022.003.20314

DIREITOS PRESERVADOS – É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio sem a citação dos autores. A violação dos direitos de autor (Lei Federal 9.610/1998) é crime previsto no art. 184 do Código Penal.

SUMÁRIO

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL: GESTÃO DE INSUMOS E PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE ..4	
Beatriz Gil Soares	4
Maria Clara Farias Matos.....	4
BIOCONCRETO, SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL PARA PATOLOGIAS ESTRUTURAIS16	
Ana Clara Doerl Soares	16
Sabrina Lueine Ribeiro da Silva.....	16
BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO27	
Maria Luisa Barbosa Figueiredo	27
Elizaria Gomes Souza.....	27
CONVERGÊNCIA ENTRE EQUIPAMENTOS, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL CONTEMPORÂNEA31	
Sanuze da Silva Santos	31
Mickaelly Gomes Pereira Fantini.....	31
SIDERURGIA: A FORÇA POR TRÁS DO AÇO36	
Pedro de Souza Calrão.....	36
Gustavo Henrique de Freitas Bertoldo	36
USO DA TECNOLOGIA BIM APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL45	
Geraldo Augusto Carvalho Belfort Neto	45
Mariana Barbosa de Carvalho	45

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL: GESTÃO DE INSUMOS E PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

SUSTAINABLE ARCHITECTURE: MANAGEMENT OF INPUTS AND PRESERVATION OF THE ENVIRONMENT

Beatriz Gil Soares

Maria Clara Farias Matos

Arquitetura e Urbanismo, AlfaUnipac Teófilo Otoni, Brasil

E-mail: biagil0001@gmail.com ; macla0814@gmail.com

Resumo

É compartilhado a respeito da importância da Arquitetura Sustentável como uma resposta às urgências ambientais que enfrentamos atualmente. Mesmo com tantos avanços, ainda se vê o aumento de poluição, desmatamento e desperdício, inclusive dentro da construção civil. Desse modo, no capítulo são apresentadas algumas soluções de modo a preservar o meio ambiente sem renunciar o conforto, bem-estar e qualidade de vida. É abordada a utilização de materiais e métodos ecológicos, como tijolos sustentáveis, telhado verde, além de práticas como o paisagismo consciente e a reutilização da água. Também exemplos inspiradores de projetos que já aplicam essas ideias, mostrando que é possível construir de forma responsável e inovadora. Além de temas que se conectam com o lado mais humano da arquitetura, como a Bioarquitetura e a Neuroarquitetura, que pensam o espaço de forma integrada com a natureza e com o bem-estar emocional das pessoas. Tendo objetivo desse conscientizar, inspirar e mostrar que todos, seja como arquitetos, pais, moradores ou cidadãos, podem fazer parte de tal transformação.

Palavras-chave: Arquitetura; Sustentável; Soluções; Construção Civil.

Abstract

The chapter discusses the importance of Sustainable Architecture as a response to the environmental emergencies we currently face. Despite so much progress, pollution, deforestation and waste are still increasing, including in the construction industry. Thus, the chapter presents some solutions to preserve the environment without sacrificing comfort, well-being and quality of life. The chapter discusses the use of ecological materials and methods, such as sustainable bricks, green roofs, as well as practices such as conscious landscaping and water reuse. It also presents inspiring examples of projects that already apply these ideas, showing that it is possible to build responsibly and innovatively. In addition, it discusses themes that connect with the more human side of architecture, such as Bioarchitecture and Neuroarchitecture, which consider space in an integrated way with nature and with people's emotional well-being. The aim is to raise awareness, inspire and show that everyone, whether as architects,

parents, residents or citizens, can be part of this transformation.

Keywords: Architecture; Sustainable; Solutions; Civil Construction.

1. Introdução

A preservação do meio ambiente é importante para todos, mas mesmo sendo algo que nos proporciona bem-estar, ainda que investem em formas de reciclar e de conscientizar, ainda existe muitas lacunas, temos visto poluição no ar, nos mares e rios, e nas ruas. Na arquitetura temos diversos produtos, materiais que degradam o meio ambiente, há perda de biodiversidade em meio a destruição da fauna e flora para que construções sejam feitas. O que pode ser feito?! Pois são necessárias as construções, abrigos.

Assim foi pensada a Arquitetura Sustentável, um meio que trabalha com a gestão de insumos, controla os desperdícios dentro de um canteiro de obra, tem o uso consciente de recursos naturais, materiais ecológicos, traz inovações através da eficiência energética, hídrica e energias renováveis, cria uma integração com o meio ambiente, constroem sempre buscando conforto térmico e bem-estar dos usuários, uso sustentável do terreno, adaptação às condições climáticas com desenho bioclimático, tem um planejamento detalhado e o paisagismo sustentável.

Existem inúmeros produtos ecológicos como por exemplo tintas ecológicas, tijolo ecológicos e de gesso, madeira de demolição e de reflorestamento, cortiça, bambu, telha ecológica, telhado verde, painéis solares, bioplástico entre muitos outros. Com o objetivo de melhorar o meio ambiente, visando os seres humanos, a arquitetura sustentável engloba a Bioarquitetura e a Neuroarquitetura.

A bioarquitetura é o processo que busca no uso de materiais pouco industrializados e no aproveitamento de recursos naturais a resposta para uma construção mais sustentável, atraente e harmoniosa. É a iniciativa que, de modo geral, dá um propósito maior às moradias. Para isso, muito além de beleza, ela atribui à construção uma funcionalidade, fazendo uso de materiais ecologicamente responsáveis e integrando o imóvel ao ambiente.

O propósito da Neuroarquitetura é entender como o ambiente físico, em qualquer escala e em qualquer tipo de ambiente, pode nos afetar. “A cidade é a sua casa, querendo ou não. Tudo dela afeta você, mesmo quando está em casa de

janelas fechadas.” Em entrevista exclusiva ao Habitability, a arquiteta e urbanista, especializada em Neuroarquitetura e professora da FAAP e da FGV, ponderou sobre como unir a complexidade humana com a complexidade do ambiente urbano. Estudos foram feitos e continua sendo feito para futuras inovações ecológicas.

1.1 Objetivos Gerais

O capítulo aborda a respeito alguns de materiais, práticas e métodos sustentáveis, trazendo exemplos de projetos onde os arquitetos que utilizaram a Arquitetura Sustentável, explicando também os tipos de processos utilizados para a aplicabilidade da ecologia, reciclagem, e aproveitamento de recursos naturais do meio ambiente utilizados, como por exemplo as águas cinzas, que podem ser reaproveitadas em algumas atividades.

Apresenta a suma importância em construir um mundo melhor, e estar contribuindo para, ao optando por tais tipos de projetos, tomar certos cuidados com o planeta, como utilização insumos recicláveis, renováveis ou de baixo impacto energético, o que contribui diretamente para a preservação dos recursos naturais e reduz os resíduos gerados.

Também, como a arquitetura sustentável se compromete com o bem-estar dos usuários, o que vai além de aspectos ambientais e incorporação valores ligados à saúde física, mental e emocional. Ao estar em um ambiente que proporcione conforto térmico, paz e conexão com a natureza, tenha a presença de vegetação, ventilação cruzada, luz natural e materiais sustentáveis, há um favorecimento na qualidade de vida, o que vem reforçando a importância da integração entre o espaço construído e os elementos naturais, e contribui significativamente para o equilíbrio e bem-estar das pessoas. Ao projetar com consciência ambiental e humana transforma-se a arquitetura em uma prática que respeita o planeta e cuida das pessoas que o habitam.

2. Revisão da Literatura

A arquitetura sustentável apresenta uma transformação no modo projetar, buscando reduzir os impactos ambientais das construções, promovendo assim a harmonia entre o ambiente construído e os recursos naturais. De acordo com o

WWF-Brasil (2022), tal conceito envolve desde estratégias que consideram a escolha de materiais até mesmo a utilização eficiente de energia e água, o que prioriza soluções que favorecem tanto a saúde humana, a economia de recursos e o equilíbrio ecológico.

Tratando-se de uma forma de projetar que responde às urgências climáticas e sociais da atualidade, ampliando seu papel para além da funcionalidade e estética para também tornar-se ética e sustentável.

2.1 Telhado Verde

O telhado verde promove uma integração com a natureza, os seres humanos, quando em contato com a natureza, produz mais serotonina e dopamina, uma sensação de satisfação e aumenta a motivação, a produtividade.

Um teto verde consiste em uma laje de cobertura que recebe uma camada de solo e vegetação sobre uma superfície impermeabilizada, que pode ser plana ou ligeiramente inclinada. A espessura da camada de terra influenciará o tipo de vegetação que ali poderá ser plantada, variando entre 15 centímetros até mais de 1 metro. Construtivamente, abaixo da terra, usualmente são inseridas diversas camadas de materiais, com variações e sofisticções nos detalhes, conforme o projetista responsável. Sob o substrato, geralmente inclui-se uma manta geotêxtil, que deixará a água passar, mas manterá a terra contida. Abaixo, uma camada drenante, onde a água permanecerá armazenada e serão instalados os drenos para transbordo. Incluir uma camada anti-raízes é importante para evitar que elas possam se infiltrar na estrutura e desencadear infiltrações. Sob isso, a estrutura da laje, impermeabilizada de alguma forma, conclui o sistema.

Pode ser instalado em residências, prédios comerciais e até fábricas. Quando construídos, projetados e mantidos adequadamente, telhados verdes apresentam mais vantagens que desvantagens. As temperaturas dos telhados verdes são entre 16 e 22 °C mais baixas do que os telhados convencionais e podem reduzir a temperatura ambiente da cidade em até 2,7 °C. Ou seja, trata-se de dispositivos altamente eficientes para reduzir as ilhas de calor urbanas e melhoria da qualidade do ar. Além disso, eles ajudam na drenagem de águas pluviais, evitando enchentes. Outro ponto importante é o conforto térmico. Telhados verdes reduzem a temperatura interna das construções, diminuindo o uso de ar-condicionado. Isso

significa mais economia e menos emissão de gases poluentes. Além disso, eles aumentam a durabilidade da estrutura do telhado. Ao proteger contra raios UV e mudanças bruscas de temperatura, a vida útil do material se estende por décadas.

No Museu Atelier Audemars Piguet / BIG, a cobertura verde, é um elemento de integração do edifício à paisagem, e atua de modo a regular a temperatura dos espaços interiores, servindo também para a captação e filtragem da água da chuva.

Figura 1 – Telhado Verde, Musée Atelier Audemars Piguet.



Fonte: ArchDaily Brasil (2025, p.5).

2.2 Tijolo Ecológico

Buscando sustentabilidade, inovação na construção civil, o tijolo ecológico com um processo de fabricação que reduz significativamente a poluição, sendo mais limpo e sustentável, em comparação aos tijolos convencionais que dependem da queima em forno. Esse método reduz a emissão de CO₂ e o consumo de energia, além de incentivar a utilização de materiais locais na sua produção, são utilizados materiais recicláveis, evitando o desperdício e a redução de resíduos. Esse processo ajuda a diminuir o volume de lixo nos aterros sanitários, promovendo a economia circular, ajuda a minimizar a emissão de gases poluentes e a redução do consumo de água e

energia.

Os tijolos ecológicos oferecem uma série de vantagens que contribuem para uma construção mais sustentável e eficiente. Tem como benefício a sustentabilidade, a eficiência térmica e acústica: os tijolos ecológicos possuem uma excelente capacidade de isolamento térmico, mantendo a temperatura interna das construções mais estável, o que reduz a necessidade de sistemas de aquecimento ou resfriamento e, conseqüentemente, o consumo de energia. Além disso, eles oferecem um bom isolamento acústico, proporcionando maior conforto aos moradores.

Durabilidade e resistência: embora não envolvam o processo de queima, os tijolos ecológicos são altamente duráveis e apresentam boa resistência estrutural, o que garante maior longevidade às construções. Eles são especialmente eficazes em áreas de grandes variações térmicas, devido à sua robustez.

Redução de custos: embora o custo inicial de produção de tijolos ecológicos possa ser um pouco mais alto, a economia gerada ao longo do tempo é significativa. O uso desse material reduz o gasto com energia e manutenção das construções, tornando-o uma opção mais econômica a longo prazo.

Facilidade de construção: os tijolos ecológicos, devido ao seu formato e ao encaixe perfeito entre eles, permitem uma construção mais rápida e eficiente, por ter uma abertura em sua extremidade, facilita na colocação da fundação, das tubulações elétricas e hidráulicas. Com menos necessidade de argamassa, o processo de assentamento é facilitado, o que resulta em redução de tempo e mão de obra. E pode ser usado com um estilo mais rústico, com a alvenaria aparente, reduz o custo por não precisar rebocar, pintar ou colocar revestimento cerâmico.

2.3 Paisagismo Sustentável

A vegetação, no paisagismo, não pode mais ser compreendida como um simples elemento bonito ou decorativo, ela tem um papel muito maior. Os projetos de paisagismo sustentável convidam todos a pensar com mais cuidado sobre como usar com consciência os recursos naturais, buscando soluções inteligentes que respeitem o meio ambiente e a saúde dos habitantes.

No paisagismo, sustentabilidade é tema que abrange diversas áreas do conhecimento e aborda a multifuncionalidade da paisagem, incluindo aspectos ambientais, sociais e econômicos dentro de estratégias restauradoras,

preservacionistas e responsáveis por benefícios ao meio ambiente, para a sociedade no agora e para as gerações futuras.

Algumas vantagens do paisagismo sustentável que podemos citar são: Aumento da qualidade de vida, porque aproxima as pessoas da natureza, de ambientes naturais e saudáveis; Redução de produtos tóxicos, com alternativas como a compostagem para aproveitar resíduos orgânicos de forma ecológica; Reaproveitamento da água das chuvas, o que diminui a necessidade do consumo da água potável, evitando o uso de sistemas de irrigação; Escolha de plantas adequadas para cada clima local, reduzindo o impacto no equilíbrio natural do ecossistema; Uso de materiais sustentáveis, como o emprego de madeira certificada e materiais renováveis de baixo impacto ambiental.

Ou seja, com as práticas sustentáveis no paisagismo, criamos espaços mais funcionais, harmoniosos e melhores para o bem de todos. Muitos seres humanos sentem indisposição, sentem que não estão sendo produtivos, porque falta espaços como esse para morar e ou para trabalhar.

2.4 Arquitetura Sustentável e a Gestão dos Recursos Hídricos: Reutilização da Água como Estratégia Consciente

Consolidando-se como uma resposta necessária aos desafios ambientais atuais, a arquitetura sustentável visa unir inovação e responsabilidade ambiental.

Trazendo uma abordagem que vai além da estética e da funcionalidade, e que considera o impacto ecológico das construções durante todo o seu ciclo de vida, desde a escolha dos materiais até o uso e manutenção. Uma das preocupações centrais seria o uso inteligente dos recursos naturais, principalmente da água, visto ser um elemento vital, que vem enfrentando sérios problemas de escassez.

Entre as práticas adotadas por projetos sustentáveis, destaca-se a gestão eficiente da água. A reutilização dela, especialmente das chamadas águas cinzas, que são provenientes de pias, chuveiros e máquinas de lavar, tem sido uma alternativa cada vez mais viável. Por meio de um tratamento adequado, essas águas podem ser reaproveitadas em atividades como irrigação de jardins, lavagem de áreas externas e até mesmo em descargas sanitárias. Isso não só reduz o consumo de água potável, bem como contribui para desafogar os sistemas de abastecimento.

Outra solução eficaz é a captação da água da chuva, visto que pode ser coletada e armazenada em reservatórios para usos diversos. Além de reduzir o consumo de água potável, essa prática contribui para a estabilidade do ciclo hídrico, também ajudando a evitar alagamentos e outros problemas urbanos relacionados ao excesso de escoamento superficial. Pensar em soluções como integração desses sistemas de captação e reaproveitamento da água desde as etapas iniciais do projeto é essencial para garantir a eficácia das estratégias sustentáveis.

A utilização de materiais sustentáveis também se destaca nessa abordagem. Segundo a Universidade Tuiuti do Paraná (2024), a utilização de madeira certificada, bambu, aço reciclado e a reutilização de materiais existentes são estratégias que complementam o conceito da arquitetura sustentável, o que reduz o impacto ambiental durante a construção. Além disso, ao adotar sistemas de gestão hídrica e soluções passivas para economia de recursos, a edificação se torna não só mais eficiente, bem como mais ajustada às necessidades ambientais do presente e do futuro.

A arquitetura sustentável não deve ser vista apenas como uma tendência estética, e sim um compromisso com a responsabilidade ambiental. Incorporar estratégias como o reuso da água e a captação da chuva é essencial para construção de um ambiente mais equilibrado, resiliente e consciente, tanto no presente quanto para as próximas gerações.

2.5 Arquitetura Sustentável Na Prática

Um grande exemplo da Arquitetura Sustentável, é o Museu da Ciência e Tecnologia de Shenzhen, projeto do escritório Zaha Hadid Architects.

O Museu da Ciência e Tecnologia de Shenzhen, projetado pelo escritório Zaha Hadid Architects, incorpora diversos princípios de arquitetura sustentável desde sua concepção até a operação. O projeto foi desenvolvido com base em estratégias de design passivo, utilizando simulações computacionais avançadas para definir sua forma, orientação e envoltória. Essas decisões arquitetônicas foram guiadas pela busca de um equilíbrio eficiente em relação à exposição solar, ventilação natural, controle térmico e qualidade do ar, considerando o clima subtropical da região.

Figura 2 - Museu de Ciência e Tecnologia de Shenzhen



Fonte: Zaha Hadid Architects (2025, p.9).

A fachada do edifício é composta por painéis de aço inoxidável com cavidade ventilada, que também se estendem ao telhado. Essa estrutura não só contribui para o resfriamento passivo como também integra painéis fotovoltaicos para geração de energia limpa no próprio local. O museu foi projetado para atingir a pontuação máxima (três estrelas) no Padrão de Avaliação de Edifícios Verdes da China, com previsão de consumo energético extremamente baixos apenas 15,47 kWh/m² por ano, o que representa uma redução significativa nas emissões associadas à energia, estimadas em cerca de 125,89 kgce/m² por ano.

Além disso, o projeto prevê o reaproveitamento de águas cinzas e a captação da água da chuva, o que deve reduzir em cerca de 14.906 m³ o consumo hídrico anual. Na construção, foram utilizadas mais de 389 mil toneladas de materiais reciclados, reforçando o compromisso do projeto com práticas sustentáveis.

Todas essas soluções fazem do museu um exemplo de arquitetura ambientalmente responsável, alinhada aos desafios contemporâneos de eficiência energética, conservação de recursos e redução do impacto ambiental.

3. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas referências relevantes que devem ser consideradas e utilizadas, tanto por profissionais quanto por cidadãos que desejam

contribuir por um futuro mais equilibrado. De modo central a incentivar a conscientização sobre os impactos que as ações têm sobre o futuro das próximas gerações, destacando assim atitudes que podem ser implementadas desde já, sendo no cotidiano, ou mesmo como implementar tais métodos em processos de projetos, trazendo essas boas dicas para a prática.

Seja um pai, cuidando do futuro dos seus filhos e os ensinando a também cuidar do nosso meio ambiente, seja um arquiteto, que passe buscar projetar com responsabilidade, podendo estar utilizando tais práticas construtivas, ao mesmo orientar seus clientes para escolhas mais conscientes. Todos podem exercer um papel ativo na construção de um mundo melhor.

A arquitetura sustentável seria uma forma incentivar o pensar diferente, trazendo assim soluções criativas e eficientes de modo que valorizem tanto o ser humano quanto o meio em que vive.

A Arquitetura e Urbanismo não são só paredes, volume e estética, é uma forma capaz de trazer vida, mudando realidades ao criar espaços que acolham, mas também transmitam identidade e promovam bem-estar, um meio de traduzir a essência de cada pessoa. O construir de forma sustentável um modo de construção com propósito, consciência e respeito, por tais, esse capítulo busca não só conscientizar, mas inspirar um novo olhar, mais responsável, ético e sensível ao tempo atual.

Referências

Arch Daily Museu Atelier Audemars Piguet. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/938605/museu-atelier-audemars-piguet-big>

Acesso em: 23 maio 2025.

Architecture Shenzhen Science & Technology Museum – Zaha Hadid Architects
Disponível em:

<https://www.zaha-hadid.com/architecture/shenzhen-science-technology-museum/>

Acesso em: 24 maio 2025.

Artigo - Arquitetura sustentável: o que é, para que serve e como fazer. WWF - BRASIL. 2022. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?56242/Artigo---Arquitetura-sustentavel-o-que-e-para-que-serve-e-como-fazer> . Acesso em: 26 maio 2025.

DANTAS, M. A. Reúso de Água: Aplicações e Potencialidades. Águas Subterrâneas, v. 35, n. 2, 2021. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22943/15080/83010> . Acesso em: 25 maio 2025.

ECOS,123. Telhados Verdes: o que são, tipos e suas vantagens. 2024. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/telhados-verdes/> Acesso em: 23 maio 2025.

Eduardo Souza. "Telhados verdes podem tornar nossas cidades melhores?". ArchDaily Brasil. 18 Set 2021. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/967898/telhados-verdes-podem-tornarnossas-cidades-melhores> Acesso em: 23 maio 2025.

HADRIAN, Chrys. Tijolo ecológico: o que é, como é feito e seus benefícios.

CASACOR. São Paulo. 2025 Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/pt-BR/noticias/casacor-explica/tijolo-ecologico-o-que-e-como-e-feito-e-beneficios>

Acesso em: 24 maio 2025.

LIRA, Camila. Neuroarquitetura: cidade e cérebro estão ligados. 2022. Habitability.

Disponível em: <https://habitability.com.br/neuroarquitetura-cidade-e-cerebro-estaoligados-e-essa-relacao-pode-ser-melhor/> Acesso em: 23 maio 2025.

"Museu da Ciência e Tecnologia de Shenzhen / Zaha Hadid Architects" [Shenzhen Science and Technology Museum / Zaha Hadid Architects] 12 Mai 2025. ArchDaily

Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1029837/museu-da-ciencia-e-tecnologia-de-shenzhen-zaha-hadid-architects> . Acesso em: 26 maio 2025.

PIRES, Marina. Sustentabilidade: o que é paisagismo sustentável. CASACOR. São Paulo. 2023. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/pt-BR/noticias/sustentabilidade/o-que-e-paisagismo-sustentavel> . Acesso em: 24 maio 2025.

UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ. Arquitetura sustentável: inovação com responsabilidade ambiental. 2024. Disponível em: <https://tuiuti.edu.br/blog/arquitetura-sustentavel-inovacao-com-responsabilidade-ambiental> . Acesso em: 25 maio 2025.

WWF-BRASIL. Arquitetura sustentável: o que é, para que serve e como fazer. 2022. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?56242/Artigo---Arquitetura-sustentavel-o-que-e-para-que-serve-e-como-fazer> . Acesso em: 25 maio 2025.

BIOCONCRETO, SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL PARA PATOLOGIAS ESTRUTURAIS

BIOCONCRETE, SUSTAINABLE SOLUTION FOR STRUCTURAL PATHOLOGIES

Ana Clara Doerl Soares

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Teófilo Otoni – MG, Brasil

Arquitetura e Urbanismo, anaclaradoerl25@gmail.com

Sabrina Lueine Ribeiro da Silva

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Teófilo Otoni – MG, Brasil

Arquitetura e Urbanismo, sabrinalueine20@gmail.com

Resumo

Pode-se dizer que o concreto é um dos materiais mais presentes na construção civil, mas, ele também é um dos que mais sofrem das patologias com o passar dos anos, reduzindo o seu tempo de vida útil, portanto, para evitar danos estruturais e ao meio ambiente, pesquisadores conseguiram juntar a biologia com a engenharia civil, unindo bactérias ao concreto e assim desenvolveram um concreto resistente e que se auto preenche, surgindo assim o Bioconcreto, ou concreto vivo. O Bioconcreto tem como principal objetivo prolongar a vida útil das edificações, pois esse material ajuda a reduzir os custos com a manutenção das estruturas. Através dessa tecnologia inovadora no mundo das construções, é possível regenerar fissuras, reduzir rachaduras e infiltrações. Visando isso, pode-se dizer que o Bioconcreto é um grande aliado no quesito qualidade e sustentabilidade em grandes obras futuramente. Sua fabricação demanda uma menor quantidade de cimento, que é um dos principais responsáveis pelas emissões de CO₂ na indústria da construção civil, o que contribui significativamente para a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Bioconcreto; concreto; meio ambiente

Abstract

It can be said that concrete is one of the most common materials in civil construction, but it is also one of the materials that suffers the most from pathologies over the years, reducing its useful life.

Therefore, to avoid structural and environmental damage, researchers managed to combine biology with civil engineering, combining bacteria with concrete and thus developed a resistant and self-filling

concrete, thus creating Bioconcrete, or living concrete. Bioconcrete's main objective is to extend the useful life of buildings, as this material helps to reduce the costs of maintaining structures. Through this innovative technology in the construction world, it is possible to regenerate fissures, reduce cracks and leaks. With this in mind, it can be said that Bioconcrete is a great ally in terms of quality and sustainability in large projects in the future. Its manufacture requires a smaller amount of cement, which is one of the main causes of CO₂ emissions in the civil construction industry, which contributes significantly to the preservation of the environment.

Keywords: Bioconcrete; concrete; concrete; environment

1. Introdução

O concreto está nas bases das construções civis, juntando com outros matérias, conseguimos dar início ao levantamento de uma edificação. Mas, com o passar do tempo, fatores como: variações climáticas, infiltração, movimentação do solo entre outros, contribuem para que o solo sofra patologias, (fissuras, trincas, entre outros). Pensando em como solucionar esse problema, uma equipe de cientistas da Universidade Técnica de Delft, na Holanda, liderada pelo microbiólogo Hendrik Marius Jonkers, decidiu unir a biologia com a engenharia civil, eles estudaram um tipo de bactéria que permaneceria com vida mesmo entrando em contato com o concreto e encontraram a bactéria *Bacillus pseudofirmus*, que é um bacilo que vive em ambientes extremamente inóspitos, como crateras de vulcões em atividade ou lugares com pH acima de 10,0. Por conseguir sobreviver aos demais ambientes, tiveram a certeza de que essa bactéria iria conseguir sobreviver no concreto, surgindo assim o Bioconcreto. Esse material veio trazendo revolução na construção e está ganhando visibilidade cada vez mais.

A ação da bactéria no concreto surge quando começam a surgir as fissuras, rachaduras, entre outros, pois é nesse momento que é permitido a entrada de ar e água no concreto afetado, através disso, as bactérias são ativadas e passam a consumir lactato de cálcio, com a sua digestão, o calcário é liberado o calcário e assim começam a trabalhar fechando as fissuras que haviam nesse concreto em até três semanas. Isso tudo ocorre pois as cápsulas com as bactérias têm um reagente que atua na presença de água. Para compreender melhor o funcionamento do bioconcreto, pode-se imaginar que as bactérias atuam de maneira semelhante a

pontos hospitalares em um ferimento. Elas produzem calcário, que preenche as aberturas formadas, criando algo equivalente a uma cicatriz na estrutura. Por ser um material capaz de se regenerar, desde que a fissura não ultrapasse 8 milímetros de largura, a integridade de paredes e pilares é preservada, sendo assim, desde que a rachadura não ultrapasse a largura limite, o bioconcreto consegue se autorreparar de maneira bastante eficiente. Assim que as bactérias entram em contato com a água, iniciam imediatamente a produção de calcário.

A utilização do Bioconcreto em edificações tem pontos positivos, como por exemplo o seu tempo de vida útil, por se regenerar sozinho ele ajuda na diminuição de manutenção a longo prazo, quando aparece uma trinca na edificação, o bioconcreto, soluciona esse problema de maneira automática; por ser mais resistente, é menor os casos de rachaduras e fissuras nos locais que ele foi aplicado; é algo que movimentou o mercado, o bioconcreto já demonstrou sua viabilidade econômica em diversos setores do mercado, indicando que o material pode ser produzido e comercializado a um preço compatível com os benefícios que oferece; passa mais segurança para quem usa pois ele garante uma sustentação a estrutura; pode ser considerado melhor isolante térmico em comparação ao concreto tradicional; e ele também tem um impacto menor no meio ambiente, pois sua produção requer uma quantidade menor de cimento, um dos principais agentes emissores de CO₂ na indústria da construção e também com sua capacidade de se regenerar sozinho, diminui a necessidade de manutenções e demolições, reduzindo, assim, a geração de resíduos na natureza.

Apesar dos diversos pontos positivos que essa criação apresenta, o Bioconcreto não é usado em larga escala ainda devido ao seu custo elevado, sendo um valor até três vezes maior que o concreto tradicional, os pesquisadores permanecem buscando meios que possam baratear um pouco a produção do mesmo para assim seu uso ser amplo para reparo de edificações.

O Bioconcreto foi criado com o objetivo de aprimorar a resistência à tração e as características ambientais do concreto, dando maior durabilidade as estruturas, garantindo assim uma economia em questão de gastos com reparos nas edificações prejudicadas. É uma invenção de grande inovação e que merece mais reconhecimento.

2. Revisão da Literatura

O concreto tradicional, apesar de ser amplamente utilizado, possui fragilidades significativas, principalmente quando exposto a agentes nocivos. Pequenas fissuras em sua composição permitem a infiltração de umidade, cloretos e dióxido de carbono, acelerando a corrosão das estruturas metálicas internas. Para enfrentar essa questão, surgiu o bioconcreto, um material que possui a capacidade de se regenerar naturalmente através da atividade de bactérias.

Desenvolvido por Jonkers em 2010, o bioconcreto emprega bactérias do tipo *Bacillus*, que produzem carbonato de cálcio ao metabolizar lactato de cálcio em condições úmidas. Essa substância funciona como um selante natural que pode fechar fissuras de até 0,8 mm nas estruturas, como nas paredes, vigas ou pilares. Isso se deve à presença de certas categorias de micro-organismos pigmentados em sua composição, incluindo líquenes, fungos, musgos e microalgas.

O concreto auto regenerativo é formado por várias camadas empilhadas verticalmente, onde o cimento de fosfato de magnésio é essencial nesse processo, sendo desenvolvido com a intenção de respeitar o clima mediterrâneo e não prejudicar o meio ambiente. Os avanços tecnológicos permitiram a realização de mais estudos e fica claro que a inovação já ultrapassa a realidade quando é apresentada ao público, levando a humanidade a vivenciar a ideia de um mundo moderno que está sempre em busca de evolução.



Imagem 1: Amostra de um pedaço de bioconcreto

Duas abordagens principais foram criadas para incorporar essas bactérias: a primeira foi a adição direta na mistura de cimento, onde a solução para o concreto que se autocorregue é incorporada durante a construção, enquanto o sistema de argamassa e o líquido reparador são ativados somente em situações de danos significativos nas estruturas de concreto. O concreto que se cura sozinho é a variação mais complexa. Os esporos bacterianos são envolvidos em pequenas bolinhas de argila, que têm entre dois e quatro milímetros de diâmetro, e são adicionados à mistura de cimento juntamente com nitrogênio, fósforo e um nutriente. Essa técnica inovadora garante que as bactérias fiquem inativas no concreto por até 200 anos. O contato com os nutrientes ocorre apenas se a água penetrar em uma fissura, e não durante o preparo da mistura de cimento. Essa modalidade é adequada para edificações sujeitas a intempéries e locais com acesso difícil para os trabalhadores encarregados de reparo. Dessa forma, se elimina a necessidade de consertos manuais que são complicados e caros.

O segundo método abrange o encapsulamento das bactérias em combinação com o lactato de cálcio em pequenas pastilhas, geralmente fabricadas com argilas expandidas tratadas, que são então incorporadas ao concreto. Quando uma fissura se forma, a estrutura das partículas de argila se quebra, dando início ao processo de reparo. Foi observado que essa técnica, que implementa esporos de bactérias interligados ao lactato de cálcio em argila expandida, estende a sobrevivência das bactérias, mantendo sua viabilidade ao longo do tempo de observação

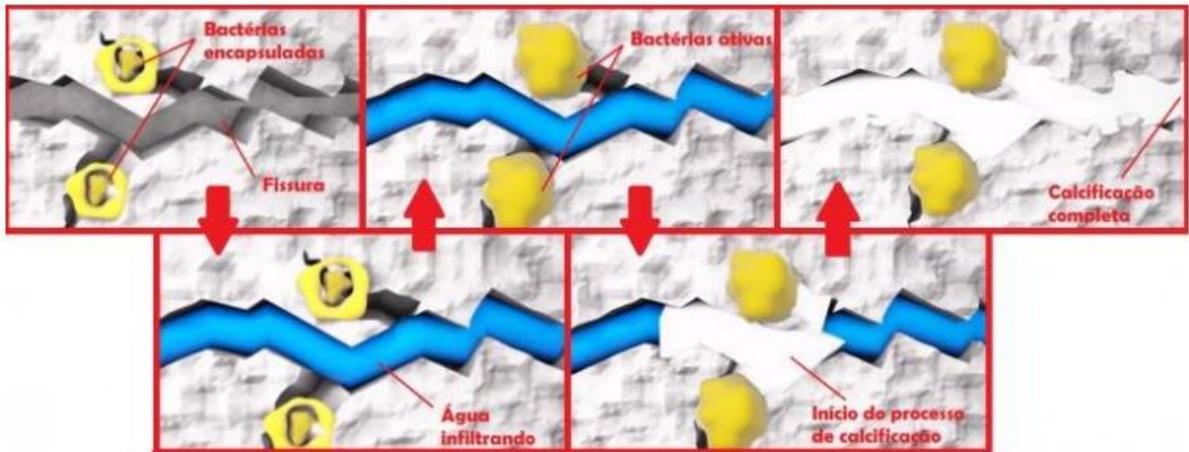


Imagem 2: processo de calcificação do concreto

A composição deste material auto regenerativo em contato com a água desencadeia uma formação de calcários assim possibilitando que o mesmo se multiplique e assim auto reparando.



Imagem 3: Andamento do processo de fechamento das fissuras.

Experimentos indicam que o bioconcreto pode diminuir em até 50% os gastos com a manutenção de infraestruturas como pontes, túneis e barragens. Sua habilidade de absorver oxigênio durante o processo biológico também diminui a oxidação das armaduras, prolongando ainda mais a durabilidade das construções. Do ponto de vista ambiental, o bioconcreto substitui produtos químicos agressivos por uma alternativa natural e biodegradável. Isso resulta em uma menor emissão de

poluentes e maior segurança ecológica. O uso de bactérias não patogênicas garante também a proteção dos trabalhadores e do meio ambiente.

Entretanto, existem obstáculos a serem enfrentados: o custo de produção é aproximadamente 30% a 40% superior ao do concreto convencional, e não há normas técnicas padronizadas que regulem seu uso. A resistência mecânica e a viabilidade econômica são questões chave a serem investigadas.

Para superar esses desafios, pesquisas estão sendo realizadas para aperfeiçoar o material, incluindo a utilização de engenharia genética para desenvolver cepas bacterianas mais robustas e a aplicação do bioconcreto na forma líquida em estruturas existentes. Essa última possibilidade é considerada promissora para projetos de restauração e preservação de patrimônios históricos, em especial em países tropicais como o Brasil.

O concreto continuará sendo o material de construção mais crucial para a infraestrutura, mas a maioria das estruturas de concreto tende a apresentar fissuras. Pequenas rachaduras na superfície do concreto expõem toda a estrutura a riscos, uma vez que a água pode penetrar, provocando danos ao concreto e corroendo o aço de reforço, diminuindo significativamente a durabilidade da construção.

Estruturas localizadas em ambientes com alta umidade, como porões e construções navais, são especialmente suscetíveis à corrosão do aço de reforço. As pontes de autoestrada também enfrentam riscos, pois sais utilizados para derreter a neve podem infiltrar-se nas fendas da estrutura, acelerando a corrosão do aço. Em várias construções de engenharia civil, forças de tração podem causar fissuras, que podem aparecer logo após a finalização da obra.

Estudos indicam que quando a água invade o concreto, as bactérias podem germinar e se reproduzir rapidamente. Elas transformam os nutrientes em carbonato de cálcio em apenas sete dias em condições de laboratório. Em ambientes externos, com temperaturas mais baixas, esse processo pode levar várias semanas.

As bactérias que conseguem sobreviver em ambientes altamente alcalinos. Quando misturados, o cimento e a água têm um pH que pode chegar até 13, criando um ambiente geralmente hostil à vida, já que a maioria dos organismos não sobrevive a um pH de 10 ou mais. A pesquisa explorou micróbios que prosperam em condições

alcalinas, encontrados em ambientes naturais como lagos alcalinos na Rússia, solos ricos em carbonatos de regiões áridas da Espanha e lagos salgados no Egito.

Foram coletadas amostras de bactérias endolíticas, que vivem dentro de rochas, assim como aquelas encontradas em sedimentos de lagos. Cepas do gênero *Bacillus* foram identificadas como prosperando nesse ambiente altamente alcalino. Na Universidade de Delft, as bactérias coletadas nas amostras foram cultivadas em um recipiente com água, que seria usada como parte da mistura para o concreto.

Diversos tipos de bactérias foram inseridos em um pequeno bloco de cimento. Cada bloco de cimento permaneceria por dois meses para se solidificar. Em seguida, o bloco seria triturado e os resíduos analisados para verificar se as bactérias tinham permanecido vivas.

O desenvolvimento bacteriano também é influenciado pelo pH. Cada espécie de microrganismo apresenta uma faixa de pH distinta. Um meio nutritivo com variações de pH de 4 a 12 foi preparado em um tubo de ensaio. Ao introduzir a cultura bacteriana, foi possível observar o crescimento, e o teste foi realizado medindo a turbidez da amostra usando.



Imagem 4: bactéria *Bacillus Pseudofirmus*

3. Considerações Finais

O bioconcreto surge como uma solução inovadora e promissora para os desafios enfrentados pela construção civil, principalmente no que se refere à durabilidade e sustentabilidade das edificações. Sua capacidade de autorreparação, proporcionada pela ação de bactérias específicas, representa um avanço significativo na redução de patologias estruturais, além de contribuir para a diminuição dos impactos ambientais, com menor emissão de CO₂ e redução de resíduos.

Apesar de ainda não ser amplamente utilizado devido ao seu custo elevado, o bioconcreto já demonstrou viabilidade econômica em diversos setores, mostrando-se um material com excelente potencial de mercado. Com o contínuo avanço das pesquisas e o aperfeiçoamento dos processos produtivos, é possível que, no futuro, essa tecnologia se torne mais acessível, promovendo uma transformação positiva no setor da construção civil.

Portanto, o bioconcreto não apenas melhora a resistência e a durabilidade das estruturas, mas também reforça a importância da integração entre ciência, tecnologia e sustentabilidade, sendo uma alternativa relevante para o desenvolvimento de construções mais seguras, eficientes e ambientalmente responsáveis.

Referência

TENDA, Bioconcreto: o que é, como funciona e para que serve?. Tenda Atacado.

Publicado em 21 de dezembro de 2023. Disponível em:

<https://www.tendaatacado.com.br/dicas/bioconcreto-o-que-e-como-funciona-e-para-que-serve/?srsltid=AfmBOor18C7Z5NErhs7gdE85Pzg9-4bAShFFs-gvFtVQag-HatH3oUvU>. Acessado em 25/05/2025

CELERE Equipe. Bioconcreto: o superconcreto que se autorrepara. CELERE.

Publicado em 12 de julho de 2021. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/inovacao/bioconcreto/#:~:text=Bioconcreto%20%C3%A9%20um%20tipo%20de,pelo%20microbi%C3%B3logo%20Hendrik%20Marius%20Jonkers>.

<https://celere-ce.com.br/inovacao/bioconcreto/#:~:text=Bioconcreto%20%C3%A9%20um%20tipo%20de,pelo%20microbi%C3%B3logo%20Hendrik%20Marius%20Jonkers>.

Acessado em 25/05/2025

ARMAC. Bioconcreto: o que é e quais seus benefícios?. ARMAC. Publicado em 19

de junho de 2024. Disponível em :

<https://armac.com.br/blog/inovacao/bioconcreto/#all>. Acessado em 25/05/2025

LOBO, Luana. A biotecnologia que (literalmente) constrói e repara: bioconcreto.

Profissão Biotec. Publicado em 16 de janeiro de 2018. Disponível em:

<https://profissaobiotec.com.br/biotecnologia-que-literalmente-constroi-e-repara-bioconcreto/>. Acessado em 25/05/2025

EQUIPE, Weg Home. Bioconcreto: o que é e como ele é capaz de se regenerar.

Weg Home. Publicado em 21 de julho de 2021. Disponível em

<https://www.weg.net/weghome/blog/arquitetura/bioconcreto-o-que-e-e-como-ele-e-capaz-de-se-regenerar/>. Acessado em 25/05/2025

EQUIPE, Crasa Infraestrutura. A Revolução do Bioconcreto. O "Concreto Vivo.

CRASA Infraestrutura. Publicado em 22 de janeiro de 2020. Disponível em

<https://www.crasainfra.com/post/a-revolu%C3%A7%C3%A3o-do-bioconcreto-o-concreto-vivo>. Acessado em 25/05/2025

Referência

TENDA, Bioconcreto: o que é, como funciona e para que serve?. Tenda Atacado.

Publicado em 21 de dezembro de 2023. Disponível em:

<https://www.tendaatacado.com.br/dicas/bioconcreto-o-que-e-como-funciona-e-para-que-serve/?srsltid=AfmBOor18C7Z5NErhs7gdE85Pzg9-4bAShFFs-gvFtVQag-HatH3oUvU>. Acessado em 25/05/2025

CELERE Equipe. Bioconcreto: o superconcreto que se autorrepara. CELERE.

Publicado em 12 de julho de 2021. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/inovacao/bioconcreto/#:~:text=Bioconcreto%20%C3%A9%20um%20tipo%20de,pelo%20microbi%C3%B3logo%20Hendrik%20Marius%20Jonkers>.

<https://celere-ce.com.br/inovacao/bioconcreto/#:~:text=Bioconcreto%20%C3%A9%20um%20tipo%20de,pelo%20microbi%C3%B3logo%20Hendrik%20Marius%20Jonkers>.

Acessado em 25/05/2025

ARMAC. Bioconcreto: o que é e quais seus benefícios?. ARMAC. Publicado em 19

de junho de 2024. Disponível em :

<https://armac.com.br/blog/inovacao/bioconcreto/#all>. Acessado em 25/05/2025

LOBO, Luana. A biotecnologia que (literalmente) constrói e repara: bioconcreto.

Profissão Biotec. Publicado em 16 de janeiro de 2018. Disponível em:

<https://profissaobiotec.com.br/biotecnologia-que-literalmente-constroi-e-repara-bioconcreto/>. Acessado em 25/05/2025

EQUIPE, Weg Home. Bioconcreto: o que é e como ele é capaz de se regenerar.

Weg Home. Publicado em 21 de julho de 2021. Disponível em

<https://www.weg.net/weghome/blog/arquitetura/bioconcreto-o-que-e-e-como-ele-e-capaz-de-se-regenerar/>. Acessado em 25/05/2025

EQUIPE, Crasa Infraestrutura. A Revolução do Bioconcreto. O "Concreto Vivo.

CRASA Infraestrutura. Publicado em 22 de janeiro de 2020. Disponível em

<https://www.crasainfra.com/post/a-revolu%C3%A7%C3%A3o-do-bioconcreto-o-concreto-vivo>. Acessado em 25/05/2025

BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO

BENEFITS OF TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION

Maria Luisa Barbosa Figueiredo
Elizaria Gomes Souza

Estudantes universitárias de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade Alfa Unipac, Brasil

E-mail: barbosafigueiredomarialuisa@gmail.com gomeselizaria@gmail.com

RESUMO

A tecnologia da construção tem revolucionado a indústria, proporcionando avanços significativos em todas as fases de um projeto, desde o planejamento até a manutenção. Este artigo explora os múltiplos benefícios da tecnologia na construção, destacando como inovações como o Building Information Modeling (BIM), a Inteligência Artificial (IA), a robótica, a impressão 3D e a Internet das Coisas (IoT) estão transformando o setor. Essas tecnologias contribuem para o aumento da produtividade e eficiência, a redução de custos operacionais, a melhoria da qualidade e precisão das construções, a elevação dos níveis de segurança no canteiro de obras e a promoção da sustentabilidade ambiental. A integração de sistemas de gestão e o desenvolvimento de novos materiais também são cruciais para otimizar processos e garantir projetos mais eficazes e sustentáveis.

Palavras-chave: Inovação; Eficiência; Sustentabilidade; Produtividade; Qualidade.

ABSTRACT

Construction technology has revolutionized the industry, providing significant advancements in all project phases, from planning to maintenance. This article explores the multiple benefits of technology in construction, highlighting how innovations such as Building Information Modeling (BIM), Artificial Intelligence (AI), robotics, 3D printing, and the Internet of Things (IoT) are transforming the sector. These technologies contribute to increased productivity and efficiency, reduced operational costs, improved construction quality and precision, enhanced safety levels on construction sites, and the promotion of environmental sustainability. The integration of management systems and the development of new materials are also crucial for optimizing processes and ensuring more effective and sustainable projects.

Keywords: Innovation; Efficiency; Sustainability; Productivity; Quality.

1. Introdução

A indústria da construção civil, um dos pilares da economia global, tem passado por uma profunda transformação impulsionada pelo avanço tecnológico. Historicamente, o setor foi percebido como resistente a mudanças, mas a necessidade de aumentar a eficiência, reduzir custos, aprimorar a qualidade e atender às crescentes demandas por sustentabilidade tem acelerado a adoção de novas ferramentas e metodologias. A tecnologia na construção não se limita apenas à automação de tarefas, mas engloba um conjunto de inovações que remodelam todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção e o planejamento até a execução e a gestão pós-obra. Este trabalho tem como objetivo geral analisar os benefícios da tecnologia na construção, abordando como a integração de soluções digitais e materiais inovadores contribui para um setor mais produtivo, seguro e sustentável. Serão exploradas as principais tecnologias disruptivas e suas aplicações práticas, visando demonstrar o impacto positivo na performance e na competitividade das empresas do setor.

Objetivos Gerais

- Analisar os benefícios da incorporação de tecnologias avançadas no setor da construção civil.
- Identificar as principais inovações tecnológicas que impulsionam a eficiência e a sustentabilidade em projetos construtivos.
- Discutir o impacto da tecnologia na melhoria da segurança, qualidade e produtividade das obras.

2. Revisão da Literatura

A literatura contemporânea sobre a construção civil enfatiza a crescente importância da tecnologia como um vetor de transformação. O Building Information Modeling (BIM) é amplamente reconhecido como um dos pilares dessa revolução digital, pois permite a criação e o gerenciamento de informações sobre um empreendimento em todo o seu ciclo de vida. Ghaffarianhoseini et al. (2017) destacam que o BIM transcende o simples desenho 3D, atuando como uma plataforma colaborativa que integra dados de diversas disciplinas, otimizando o planejamento, a detecção de conflitos e a gestão de custos e prazos.

A Inteligência Artificial (IA) e o Machine Learning têm emergido como ferramentas poderosas para otimizar processos, prever riscos e auxiliar na tomada de decisões. Aguiar et al. (2020) apontam que a IA pode ser utilizada para analisar grandes volumes de dados de projetos passados e atuais, identificando padrões que permitem otimizar o uso de recursos, prever falhas estruturais e melhorar a alocação de mão de obra.

A robótica e os drones estão transformando o canteiro de obras, aumentando a segurança e a produtividade. Comelli e Rossi (2019) descrevem o uso de drones para levantamentos topográficos, monitoramento do progresso da obra e inspeções de segurança em áreas de difícil acesso, enquanto robôs são empregados em tarefas repetitivas ou perigosas, como soldagem, alvenaria e transporte de materiais, reduzindo a exposição humana a riscos.

A impressão 3D na construção representa um avanço significativo, permitindo a fabricação rápida e precisa de componentes ou estruturas inteiras, com menor desperdício de material. Labonnote et

al. (2017) ressaltam que essa tecnologia oferece flexibilidade no design, reduz o tempo de construção e pode diminuir os custos de mão de obra, promovendo uma abordagem mais sustentável.

A Internet das Coisas (IoT) e os sensores inteligentes permitem o monitoramento em tempo real de diversas variáveis no canteiro de obras, desde a qualidade do concreto até as condições ambientais e a segurança dos equipamentos. Chen et al. (2017) explicam que os dados coletados por esses dispositivos fornecem informações valiosas para a gestão proativa, a manutenção preditiva e a garantia da conformidade.

Além das tecnologias digitais, a pesquisa em novos materiais tem gerado soluções inovadoras. O bioconcreto, que se autorrepara, é um exemplo notável (Jonkers, 2007), assim como o desenvolvimento de materiais compósitos mais leves e resistentes, e tintas fotovoltaicas que integram a geração de energia à própria edificação (Singh, 2017).

A Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) também têm ganhado espaço, permitindo que profissionais visualizem projetos em 3D, simulem cenários e identifiquem potenciais problemas antes da execução física (Wang et al., 2018). Essas ferramentas aprimoram a colaboração entre as equipes e a comunicação com os clientes.

Por fim, a adoção de sistemas de gestão integrada (ERPs e plataformas conectadas) é crucial para otimizar a administração de projetos. Lee et al. (2014) destacam que esses sistemas centralizam informações financeiras, de suprimentos, de recursos humanos e de cronograma, proporcionando uma visão holística e em tempo real do empreendimento, o que é fundamental para a tomada de decisões estratégicas e a melhoria da eficiência operacional.

3. Considerações Finais

A integração da tecnologia na construção civil representa um marco transformador para o setor, oferecendo uma vasta gama de benefícios que impactam diretamente a eficiência, a segurança, a qualidade e a sustentabilidade dos empreendimentos. A adoção de ferramentas como BIM, IA, robótica, impressão 3D, IoT e novos materiais não apenas otimiza processos e reduz custos, mas também eleva o padrão de entrega dos projetos.

Os benefícios são claros: aumento da produtividade pela automação e otimização do planejamento; redução de custos através da minimização de desperdícios e erros; melhoria da qualidade e precisão na execução; elevação da segurança no canteiro de obras pela substituição humana em tarefas perigosas; e promoção da sustentabilidade com o uso eficiente de recursos e materiais inovadores. A capacidade de coletar e analisar dados em tempo real permite uma tomada de decisão mais informada e estratégica, consolidando a construção civil como um setor mais inteligente e resiliente. Em suma, a tecnologia não é apenas uma ferramenta auxiliar, mas um elemento essencial que redefine a forma como os projetos são concebidos, construídos e gerenciados, impulsionando a indústria para um futuro mais eficiente, inovador e alinhado com as demandas sociais e ambientais.

Referências

AGUIAR, V. A. et al. Artificial Intelligence in Construction: A Review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 27, n. 4, p. 819-839, 2020.

- CHEN, K. et al. The Internet of Things in construction: A review of present status and future trends. *Journal of Cleaner Production*, v. 147, p. 110-120, 2017.
- COMELLI, N.; ROSSI, F. Robotics in Construction: A State-of-the-Art Review. *Automation in Construction*, v. 104, p. 1-13, 2019.
- FRANÇA, J. L. Manual para normalização de publicações técnico-científicas. 8. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2008.
- GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. The effectiveness of Building Information Modelling (BIM) in facilitating the design, construction and operational processes of buildings: A review. *Energy and Buildings*, v. 153, p. 308-321, 2017.
- JONKERS, H. M. Bacteria-based self-healing concrete. *Fibers*, v. 5, n. 4, p. 58, 2007. LABONNOTE, N. et al. Additive manufacturing in construction: A review. *Automation in Construction*, v. 72, p. 308-319, 2017.
- LEE, J. S.; GOH, K. S.; OH, S. B. The importance of Enterprise Resource Planning (ERP) systems in improving the efficiency of construction project management. *Journal of Civil Engineering and Management*, v. 20, n. 3, p. 396-405, 2014.
- SINGH, N. Photovoltaic technologies in buildings: A review of present status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, p. 279-291, 2017.
- WANG, X. et al. The applications of virtual reality and augmented reality in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. *Automation in Construction*, v. 89, p. 1-17, 2018.

CONVERGÊNCIA ENTRE EQUIPAMENTOS, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL CONTEMPORÂNEA

CONVERGENCE BETWEEN EQUIPMENT, TECHNOLOGY AND SUSTAINABILITY IN CONTEMPORARY CIVIL CONSTRUCTION

Sanuze da Silva Santos

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Arquitetura e Urbanismo, silvasanuze@gmail.com

Mickaelly Gomes Pereira Fantini

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Arquitetura e Urbanismo, Mickaellygomes402@gmail.com

Resumo

A construção civil, enquanto portador essencial da infraestrutura moderna, vem testemunhando transformações exemplares impulsionadas pela tríade composta por equipamentos de alta performance, tecnologias digitais emergentes e diretrizes sustentáveis. Essa convergência não apenas redefine os métodos construtivos, mas impõe uma reconfiguração sistêmica das práticas projetuais, executivas e operacionais no canteiro de obras. Este capítulo visa, portanto, abordar, em profundidade, os eixos que interligam tais elementos, com ênfase em sua interdependência crítica e nos impactos estruturais provocados na engenharia civil.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Tecnologia; Equipamentos; Inteligência Artificial; Certificações ambientais.

Abstract

The construction industry, as an essential carrier of modern infrastructure, has been witnessing exemplary transformations driven by the triad of high-performance equipment, emerging digital technologies and sustainable guidelines. This convergence not only redefines construction methods, but also imposes a systemic reconfiguration of design, executive and operational practices on the construction site. This chapter therefore aims to address in depth the axes that interconnect these elements, with an emphasis on their critical interdependence and the structural impacts caused in civil engineering.

Keywords: Sustainability; Technology; Equipment; Artificial Intelligence; Environmental certifications.

1. Introdução

A construção civil é uma das áreas que mais evoluíram nas últimas décadas, especialmente com a introdução de tecnologias digitais, novos equipamentos e práticas sustentáveis. Esse movimento tem gerado uma transformação significativa na forma como as obras são projetadas, executadas e gerenciadas, refletindo uma nova mentalidade no setor. Este artigo tem como objetivo analisar como a integração entre equipamentos de última geração, ferramentas tecnológicas – como o BIM, os drones e a inteligência artificial – e princípios sustentáveis tem influenciado a construção civil contemporânea. A finalidade é compreender de que maneira esses elementos estão redefinindo as práticas no canteiro de obras e contribuindo para edificações mais eficientes, seguras e ambientalmente responsáveis. Para tanto, considera-se como definição central a ideia de convergência tecnológica, entendida como a articulação entre diferentes soluções técnicas em benefício de um sistema construtivo mais inteligente. A escolha do tema justifica-se pela relevância crescente dessas discussões no campo da engenharia e arquitetura, além da urgência de se repensar os modelos tradicionais de construção frente aos desafios ambientais e urbanos da atualidade.

2. Máquinas e Equipamentos como Extensões Operacionais do Sujeito Construtor

Na construção civil, os equipamentos funcionam como extensões da força de trabalho humana, aumentando a produtividade e reduzindo os riscos no ambiente de obra. Destacam-se:

- Gruas, que vão além da simples elevação de cargas, otimizando a movimentação vertical de materiais;
- Betoneiras, que garantem a mistura adequada do concreto;
- Escavadeiras, utilizadas para movimentações de solo e moldagem do terreno;
- Equipamentos auxiliares, como caminhões betoneira, andaimes, elevadores e rolos compactadores, que formam a base operacional do canteiro.

O uso desses equipamentos não é apenas técnico, mas estratégico, sendo planejado com o apoio de ferramentas digitais e sistemas de controle inteligente.

2.1 O Advento da Modelagem da Informação da Construção (BIM)

O BIM (Building Information Modeling) é uma ferramenta tecnológica que revoluciona a forma como os projetos são desenvolvidos, executados e

gerenciados. Essa metodologia permite integrar várias dimensões da obra — como forma, tempo, orçamento e sustentabilidade — em um único ambiente digital. Suas principais funções incluem:

- Modelagem 3D com precisão;
- Simulação de desempenho estrutural e energético;
- Planejamento integrado da execução e manutenção;
- Redução de erros e otimização do cronograma.

O BIM transforma o papel do engenheiro, que passa a atuar também como gestor de sistemas construtivos complexos.

2.3 A Imersão dos Drones e a Topografia Digital

O uso de drones trouxe inovações importantes para os levantamentos topográficos e o monitoramento das obras. Eles possibilitam:

- Mapas detalhados com alta resolução;
- Inspeções em locais de difícil acesso;
- Acompanhamento visual e preciso do andamento físico da obra.

Tais dispositivos substituem práticas manuais pesadas, incrementando a precisão dos dados coletados e promovendo a segurança ocupacional. As imagens obtidas pelos drones são analisadas por softwares com inteligência computacional e podem ser integradas às plataformas BIM e GIS.

2.4 Automação e Inteligência Artificial: O Canteiro como Ecossistema Cibernético

A inserção da inteligência artificial e da automação no ambiente de obra está transformando o canteiro em um espaço inteligente. Entre os avanços mais relevantes estão:

- Robôs de alvenaria e impressoras 3D para estruturas;
- Sensores que monitoram a integridade da construção em tempo real;
- Plataformas inteligentes que preveem prazos, riscos e necessidades de recursos.

Essas tecnologias reduzem a chance de erro humano e tornam a construção mais dinâmica, segura e eficiente.

2.5 Sustentabilidade Certificada: LEED, AQUA e EDGE

A sustentabilidade deixou de ser apenas um discurso e passou a ser exigência real, respaldada por certificações ambientais, como:

- LEED, que foca na eficiência energética e no impacto ambiental;
- AQUA, voltada para o conforto ambiental e o uso racional dos recursos;
- EDGE, que prioriza o uso eficiente de energia, água e materiais.

Esses selos impulsionam o mercado a adotar práticas sustentáveis e aumentam o valor dos empreendimentos.

2.6 Eficiência Energética e Arquitetura Solar

A busca por eficiência energética está diretamente ligada à adoção de soluções sustentáveis, como:

- Painéis solares fotovoltaicos e sistemas de aquecimento solar de água;
- Sensores inteligentes para controle de luz e temperatura;
- Design passivo, que aproveita a ventilação e iluminação naturais.

O resultado são edifícios mais econômicos, confortáveis e alinhados com as exigências ambientais.

2.7 Gestão Hídrica e Infraestruturas Verdes

A escassez de água e os desafios urbanos atuais exigem novas formas de gestão hídrica, como:

- Coleta de água da chuva para usos não potáveis;
- Reaproveitamento de águas cinzas, tratadas de forma descentralizada;
- Infraestruturas verdes, como telhados vegetados e calçadas permeáveis.

Essas soluções ajudam a reduzir enchentes, economizar água e melhorar o microclima urbano.

2.8 Materiais Sustentáveis e Economia Circular

A sustentabilidade também está presente na escolha dos materiais. O setor tem adotado:

- Concreto reciclado a partir de resíduos;
- Tijolos ecológicos, com menor consumo de energia na produção;
- Madeira certificada e materiais alternativos vindos de resíduos industriais.

Essas práticas reforçam a lógica da economia circular, em que os resíduos são reaproveitados e os ciclos de produção se tornam mais sustentáveis.

3. Considerações Finais

A união entre a tecnologia, equipamentos modernos e a sustentabilidade está transformando profundamente a construção civil. Mais do que inovações técnicas, esse movimento representa uma mudança de postura, em que o engenheiro atua também como agente de transformação social e ambiental. Ao adotar práticas mais integradas, inteligentes e responsáveis, o setor se posiciona de forma mais ética e preparada para os desafios do futuro.

Referências

1 SALOMAO, Pedro Emilio Amador. **Equipamentos, Tecnologia e Sustentabilidade**. Disponível em:

<https://docs.google.com/presentation/d/11cW1flw5Avs-mvrQbfF5wQlo7DsYAmJX/edit?slide=id.p1#slide=id.p1>. Acesso em 24 mai. 2025.

SIDERURGIA: A FORÇA POR TRÁS DO AÇO

STEELMAKING: THE STRENGTH BEHIND STEEL

Pedro de Souza Calrão

Gustavo Henrique de Freitas Bertoldo

Graduando em Arquitetura, Alfa Unipac, Brasil

Pedrocalr8@gmail.com

Resumo

A siderurgia desempenha um papel fundamental no progresso da indústria contemporânea, uma vez que fornece o aço, um material que se destaca por sua robustez, longevidade e grande potencial de reutilização. Desde os primórdios do uso do ferro, até as significativas mudanças provocadas pela Revolução Industrial, a produção de aço tem se desenvolvido continuamente, adaptando-se às demandas econômicas e tecnológicas de cada período histórico. Os avanços ocorridos nos séculos XIX e XX, especialmente com a introdução dos processos Bessemer e Siemens-Martin, foram fundamentais para o estabelecimento da produção em larga escala.

Essas inovações pavimentaram o caminho para os modernos sistemas de fabricação que dominam o cenário industrial atual. Atualmente, podem ser identificadas duas rotas tecnológicas principais para a produção de aço. A primeira é a rota integrada, que utiliza um alto-forno e um conversor a oxigênio no processo. A segunda é a rota do forno elétrico a arco, que se fundamenta principalmente na reciclagem de sucata metálica. Além disso, os insumos aplicados — incluindo minério de ferro, carvão (sob a forma de coque), calcário e sucata — passam por diversas fases rigorosamente delineadas até que o aço seja obtido em sua forma final. Isso acontece através de processos como o lingotamento contínuo e a laminação.

Nas décadas recentes, a indústria tem lidado com a dificuldade de se ajustar a uma pauta ambiental que se torna a cada dia mais rigorosa. A busca por alternativas sustentáveis resultou na criação de inovações tecnológicas, incluindo o hidrogênio verde, sistemas de captura e armazenamento de carbono (CCUS), e a fabricação de novos tipos de aço que são simultaneamente mais leves e mais robustos. A digitalização das plantas industriais ganha cada vez mais relevância, impulsionada pela implementação de tecnologias associadas à Indústria.

Neste cenário, a siderurgia se transforma ao mesmo tempo em que preserva sua importância fundamental. O crescimento da reciclagem, aliado à inovação tecnológica e à mudança para fontes de energia limpa, posiciona o setor como um dos principais atores na formação de uma economia mais sustentável e circular.

Essa transformação é crucial para atender tanto às necessidades da indústria quanto às atuais preocupações ambientais.

Summary

The steel industry plays a key role in the progress of contemporary industry, as it supplies steel, a material that stands out for its robustness, longevity and great potential for reuse. From the early use of iron to the significant changes brought about by the Industrial Revolution, steel production has developed continuously, adapting to the economic and technological demands of each historical period. The advances that occurred in the nineteenth and twentieth centuries, especially with the introduction of the Bessemer and Siemens-Martin processes, were fundamental for the establishment of large-scale production.

These innovations paved the way for the modern manufacturing systems that dominate today's industrial landscape. Currently, two main technological routes for steel production can be identified. The first is the integrated route, which uses a blast furnace and an oxygen converter in the process. The second is the electric arc furnace route, which is mainly based on the recycling of scrap metal. In addition, the inputs applied — including iron ore, coal (in the form of coke), limestone and scrap

— go through several rigorously delineated phases until the steel is obtained in its final form. This happens through processes such as continuous casting and lamination.

In recent decades, the industry has dealt with the difficulty of adjusting to an environmental agenda that becomes more rigorous every day. The search for sustainable alternatives has resulted in the creation of technological innovations, including green hydrogen, carbon capture and storage (CCUS) systems, and the manufacture of new steel grades that are both lighter and more robust. The digitalization of industrial plants is gaining more and more relevance, driven by the implementation of technologies associated with industry.

In this scenario, the steel industry is transformed while preserving its fundamental importance. The growth of recycling, coupled with technological innovation and the shift to clean energy sources, positions the sector as one of the key players in shaping a more sustainable and circular economy.

This transformation is crucial to meeting both the needs of industry and current environmental concerns.

Introdução

A siderurgia, palavra que une "ferro" e "trabalho" do grego, é uma daquelas indústrias que realmente moldaram o mundo. Pense bem: desde a Idade do Ferro, quando aprender a dominar esse metal revolucionou a agricultura, a guerra e até a construção, até os dias de hoje, onde o aço é praticamente o esqueleto da nossa civilização, a capacidade de transformar minério em ligas ferrosas tem sido um motor incansável de progresso. É quase assombroso como a engenhosidade humana conseguiu extrair, purificar e manipular o ferro para criar materiais com propriedades tão superiores.

O aço, por sua vez, merece um capítulo à parte, dada a sua relevância e complexidade. Uma liga de ferro com uma pequena parcela de carbono e outros elementos, ele é simplesmente imbatível em sua versatilidade. Sua resistência, a capacidade de durar, a maleabilidade para ser moldado de mil formas e, cereja do bolo, sua reciclabilidade infinita fazem dele o material predileto para uma infinidade de aplicações. De arranha-céus que tocam as nuvens a pontes que ligam continentes, de carros que nos levam a todo lugar a eletrodomésticos que facilitam nossa vida, até instrumentos cirúrgicos delicados — o aço está em tudo, tecendo a trama da nossa existência moderna. Não por acaso, a demanda por aço é um daqueles indicadores certos da saúde industrial de uma nação; ela mostra a necessidade de infraestrutura, de fábricas, de tudo que move a economia.

Produzir aço, no entanto, é uma arte complexa e que exige um investimento pesado. É uma orquestra de etapas, que começa lá na mineração do minério de ferro e do carvão, passa por transformações intensas e só termina com o produto. Se olharmos para trás, a fabricação era coisa de pequenas forjas, com métodos que hoje nos pareceriam quase primitivos. Mas então veio a Revolução Industrial e virou tudo de ponta-cabeça! A chegada de inovações como o processo Bessemer e, mais tarde, o forno Siemens-Martin, permitiu a produção em larga escala. De repente, o aço ficou mais acessível, abrindo um leque de possibilidades inimagináveis para a época. Hoje, a siderurgia mundial é um caldeirão de inovação.

Há um foco tremendo em eficiência energética, em cortar emissões e em desenvolver aços cada vez mais especializados. A globalização, somada à crescente consciência ambiental, está empurrando a indústria para processos mais sustentáveis e para uma verdadeira economia circular, onde a reciclagem de sucata se torna a estrela.

Neste capítulo, vamos desvendar os meandros da siderurgia e da produção de aço, mergulhando nos métodos que nos trouxeram até aqui e nos que nos levarão adiante. Exploraremos as matérias-primas, os processos que transformam rocha em metal e a importância inegável desse gigante material para a sociedade contemporânea. Nosso objetivo, com uma revisão bibliográfica robusta, é oferecer uma compreensão profunda das bases científicas e tecnológicas que sustentam essa indústria tão crucial.

Revisão Bibliográfica

A Longa Odisseia do Ferro: Uma Linha do Tempo Siderúrgica A história da siderurgia é, por si só, uma odisseia. Começa na Idade do Ferro, por volta de 1200 a.C., quando a humanidade desvendou o segredo de extrair esse metal das rochas. Os primeiros fornos eram bastante rústicos, produzindo um ferro esponjoso que precisava ser martelado com vigor para se livrar das impurezas e ganhar consistência (Davenport, 1978).

Na Antiguidade Clássica e ao longo da Idade Média, surgiram avanços como a forja catalã e os fornos de cadinho (que produziam o famoso aço wootz), mas a escala da produção ainda era bem limitada. Um marco e tanto, contudo, foi o surgimento do alto-forno na Europa, lá pelo século XIV. Ele permitiu a produção de ferro-gusa, um tipo de ferro com alto teor de carbono que podia ser facilmente moldado em estado líquido. O desafio, então, era transformar essa gusa em ferro forjado (com bem menos carbono), um processo que dava um trabalho danado e levava muito tempo. O verdadeiro boom veio com a Revolução Industrial, a partir do século XVIII.

A máquina a vapor de James Watt acelerou tudo, e a invenção da pudelagem por Henry Cort, em 1784, finalmente possibilitou a fabricação de ferro forjado em massa. O século XIX, para mim, foi a verdadeira era de ouro das inovações no aço. O processo Bessemer, patenteado por Henry Bessemer em 1856, simplesmente revolucionou a indústria, tornando a produção de aço a partir da gusa rápida e barata.

Logo depois, o processo Siemens-Martin, desenvolvido por Carl Wilhelm Siemens e Pierre Émile Martin na década de 1860, trouxe um controle muito maior sobre a

composição do aço e a fantástica capacidade de reciclar sucata, dominando o cenário por muitas décadas. Já o século XX testemunhou o nascimento e ascensão do processo LD (Linz-Donawitz) ou conversor a oxigênio, desenvolvido na Áustria nos anos 1950. Esse método se tornou o padrão para a produção de aço primário, e com razão: sua eficiência e produtividade são impressionantes (McGannon, 2005).

2. Os Ingredientes Secretos

Matérias-Primas da Siderurgia Para que o aço surja, precisamos de uma alquimia de matérias-primas essenciais, cuidadosamente processadas e combinadas:

Minério de Ferro: É a estrela principal para a produção de ferro-gusa. Os tipos mais comuns que encontramos são a hematita (Fe), a magnetita (Fe) e a goethita (FeO(OH)). Depois de ser extraído, o minério passa por um "tratamento de beleza": britagem, moagem e concentração, tudo para aumentar o teor de ferro e se livrar das impurezas (Ghosh, 2006). A qualidade desse minério, seu percentual de ferro e, claro, a ausência de elementos indesejáveis como fósforo e enxofre, ditam diretamente a eficiência do processo e a pureza do aço.

Carvão Mineral (Coque): Esse carvão não entra direto no forno; ele é transformado em coque através de um processo de aquecimento intenso, sem oxigênio (a coqueificação). O coque tem um papel triplo no alto-forno, e todos são cruciais: ele é o combustível que gera o calor escaldante das reações; o agente redutor que "rouba" o oxigênio do minério de ferro (dando origem ao monóxido de carbono, CO); e ainda atua como suporte estrutural, mantendo a carga permeável dentro do forno para que os gases circulem livremente (Rosenqvist, 2004).

Fundentes: Pense neles como os "limpadores" do processo. São materiais adicionados à carga do alto-forno ou às panelas de refino para ajudar a remover as impurezas (a tal "ganga") que vêm com o minério e o coque. Os mais comuns são o calcário (CaCO) e a dolomita (CaMg(CO)). Eles reagem com as impurezas ácidas, formando uma escória líquida que, por ser mais leve, flutua sobre o ferrogusa e pode ser facilmente retirada (Blast Furnace Ironmaking, 2004).

Sucata Metálica: Ela tem ganhado um protagonismo tremendo, especialmente na produção de aço via fornos elétricos a arco (FEA). Usar sucata não só diminui a dependência de minério de ferro e coque, mas também corta drasticamente o consumo de energia e as emissões de carbono, tornando a produção de aço muito

mais sustentável. Claro, a qualidade da sucata importa, e ela passa por uma rigorosa seleção e pré-tratamento para evitar contaminações (Hagberg & Söderström, 2017).

3. As Estradas do Aço

Como Ele É Fabricado A produção de aço segue duas "estradas" principais, que se diferenciam nas matérias-primas iniciais e nos equipamentos utilizados: a) A Rota Integrada (Alto-Forno e Conversor a Oxigênio) Essa é a rota mais tradicional, e ainda hoje responde pela maior parte do aço produzido no mundo. É uma sequência bem definida:

Preparação da Carga (Sinterização e Pelotização): Antes de encarar o alto-forno, o minério de ferro mais fino e outros materiais (como finos de coque e fundentes) são aglomerados em sinteres ou pelotas. Isso é crucial para melhorar a "respirabilidade" da carga dentro do alto-forno e garantir que o processo flua melhor (Biswas, 2018).

A Cozinha do Gusa (Redução no Alto-Forno): Minério aglomerado, coque e fundentes são carregados no alto-forno, essa torre colossal. Lá embaixo, um jato de ar quente, enriquecido com oxigênio, é injetado. O coque reage com o oxigênio para formar CO, que é o grande "ladrão" de oxigênio do minério. Em temperaturas que beiram os 1500°C, o CO ataca os óxidos de ferro, retirando o oxigênio e abandonando o ferro-gusa líquido (um ferro com bastante carbono, uns 4- 5%). As impurezas, por sua vez, se unem aos fundentes e formam a escória líquida (Fruehan, 1998).

A Purificação (Refino no Conversor a Oxigênio - LD): O ferro-gusa recém-saído do alto-forno segue para o conversor a oxigênio (BOF). Ali, um poderoso jato de oxigênio puro é soprado sobre (ou através) do metal líquido. O oxigênio é como um "ímã" para o carbono, silício, manganês e fósforo da gusa, oxidando-os. O carbono sai principalmente como gases (CO e CO₂). A própria oxidação dessas impurezas gera tanto calor que o processo se mantém aquecido sozinho. E os fundentes, claro, estão lá para formar uma escória que absorve essas impurezas oxidadas dando resultado ao aço líquido com um teor de carbono bem baixo (The Making, Shaping and Treating of Steel, 1998).

O Toque Final (Ajuste da Composição e Desgaseificação): O aço líquido não está pronto para ser "nascer" ainda. Ele vai para panelas de tratamento secundário, onde sua composição química é ajustada com a adição de ferro-ligas (como

ferrosilício, ferro-manganês etc.) até que se chegue às propriedades exatas desejadas. Às vezes, entram em cena processos de desgaseificação a vácuo para eliminar gases indesejados (hidrogênio e nitrogênio) e deixar o aço ainda mais "limpo".

b) A Rota da Reciclagem Inteligente (Forno Elétrico a Arco - FEA): essa rota aposta na sucata de aço como matéria-prima principal, embora possasse adicionar ferro-gusa ou ferro esponja (DRI). O forno elétrico a arco (EAF) é uma maravilha da engenharia. Ele usa a energia elétrica para criar arcos elétricos gigantes entre eletrodos de grafite e a sucata, gerando um calor tão intenso que derrete o metal.

O Banho de Fusão: A sucata é carregada no forno, e os eletrodos descem. Os arcos elétricos criam temperaturas que ultrapassam os 3000°C, transformando a sucata em um banho de metal líquido.

O Refino no FEA: Oxigênio é soprado no forno para oxidar impurezas como carbono e fósforo. Fundentes são adicionados para formar a escória. Uma das grandes vantagens do FEA é o controle preciso que se tem, permitindo a produção de uma vasta gama de aços, inclusive os mais especiais. E um detalhe importante: se a energia elétrica vier de fontes renováveis, essa rota se torna um caminho bem mais verde (Jorgenson & P.J. Wilcox, 2012).

Preparação Final e Formato: Assim como na rota integrada, o aço do FEA passa por um tratamento secundário para ajustar a composição e, só então, é lingotado.

4. Dando Forma ao Aço

Lingotamento e Laminação Depois de todo o refino e ajuste de composição, o aço líquido, essa massa incandescente, precisa ganhar forma sólida através do lingotamento.

Lingotamento Contínuo: Esta é a técnica que domina o cenário atual. O aço líquido é despejado sem parar em um molde refrigerado a água. Enquanto ele solidifica, é puxado continuamente para fora do molde, já com um perfil semiacabado, como placas (para chapas), blocos (para produtos longos maiores) ou tarugos (para produtos longos menores). O lingotamento contínuo é uma beleza de eficiência, pois elimina a necessidade de reaquecer lingotes gigantes (Wünnenberg et al., 1999).

Lingotamento Convencional (uma relíquia em desuso para grandes volumes):

Antigamente, o aço líquido era despejado em moldes individuais, formando lingotes. Mas esses lingotes precisavam ser reaquecidos antes de ir para a laminação, o que era menos eficiente. Depois de lingotado, o aço semiacabado passa pela laminação para atingir as dimensões exatas e as propriedades mecânicas finais desejadas.

Laminação a Quente: Os produtos são aquecidos a temperaturas altíssimas (acima do ponto de recristalização do aço) e passam por uma série de rolos que os esticam e reduzem sua seção transversal. Isso não só modela o material, mas também melhora sua estrutura interna. Assim nascem chapas grossas, vergalhões, perfis estruturais e arames (Degarmo et al., 2011).

Laminação a Frio: Diferente da anterior, esta é feita à temperatura ambiente. O resultado? Produtos com um acabamento superficial impecável, precisão dimensional superior e uma resistência mecânica maior (devido ao processo de encruamento). É a escolha ideal para chapas finas, fitas e barras trefiladas, que vemos em carros e eletrodomésticos, por exemplo.

5. A Siderurgia e o Desafio da Sustentabilidade

Rumo ao Aço Verde A indústria siderúrgica, com sua escala monumental, enfrenta, sem dúvida, grandes desafios relacionados à sustentabilidade. Pense nas emissões de gases de efeito estufa e no consumo de recursos naturais. Contudo, é uma indústria que tem se mostrado extremamente proativa na busca por soluções e inovações:

Menos Poluição, Mais Eficiência: O foco é intenso na captura e armazenamento de carbono (CCS), no uso de hidrogênio verde como uma alternativa revolucionária ao coque (a chamada rota do "aço verde"), e na eletrificação de muitos processos. Convenhamos, a rota FEA, com seu alto uso de sucata e a possibilidade de se alimentar de energia renovável, já nasce com uma vantagem ecológica (World Steel Association, 2023).

A Era da Economia Circular: A reciclagem de sucata de aço é a espinha dorsal da economia circular na siderurgia. O aço tem uma característica fantástica: é 100% reciclável e pode ser reprocessado infinitamente sem perder suas propriedades.

Isso não só diminui a necessidade de minério virgem, mas também reduz significativamente nosso impacto no planeta (European Steel Association, 2022).

Aços do Futuro (AHSS): O desenvolvimento de novos tipos de aço, como os Aços Avançados e de Alta Resistência (AHSS), com características como leveza, maior resistência e tenacidade, permite que a indústria crie produtos mais eficientes e duráveis. Pense em veículos mais leves que gastam menos combustível — isso é sustentabilidade aplicada.

A Siderurgia 4.0: A adoção de tecnologias como inteligência artificial, big data, internet das coisas (IoT) e automação está revolucionando os processos siderúrgicos. Isso significa mais eficiência, maior qualidade, segurança aprimorada e, claro, menos consumo de energia e desperdício.

Considerações Finais

A indústria siderúrgica, com toda a sua complexidade e alcance global, é um pilar que não se pode imaginar a civilização moderna sem. A capacidade de produzir aço de forma eficiente e em escala massiva foi, e continua sendo, uma força motriz essencial para o desenvolvimento de infraestruturas, indústrias e tecnologias em cada canto do planeta.

O aço, esse material tão versátil e incrivelmente durável, está intrinsecamente ligado à nossa qualidade de vida, presente em quase tudo que nos cerca — das estruturas colossais de edifícios e veículos que nos movem, até as ferramentas mais básicas e os eletrodomésticos que usamos diariamente. Isso nos permitiu ver que a produção de aço é o resultado de uma evolução contínua, uma jornada de conhecimentos e tecnologias que partiu dos métodos mais simples da antiguidade e chegou aos processos altamente sofisticados e eficientes que temos hoje. As duas principais rotas de produção — a tradicional integrada (com alto-forno e conversor a oxigênio) e a inovadora de forno elétrico a arco (FEA) — não apenas coexistem, mas se complementam, cada uma com suas peculiaridades em termos de matérias-primas e impacto ambiental.

A crescente importância da sucata metálica e o avanço da rota FEA, por exemplo, mostram claramente um movimento em direção a uma produção mais sustentável e alinhada com a economia circular. No entanto, a siderurgia ainda enfrenta desafios ambientais e energéticos de peso. A corrida por um aço mais verde, com uma pegada de carbono menor e uma eficiência energética ainda maior, é uma prioridade global. Inovações como o uso do hidrogênio como agente redutor, a captura de carbono e a intensificação da reciclagem são, sem dúvida, caminhos promissores que ditarão os rumos futuros dessa indústria. A digitalização e a implementação dos conceitos da Indústria 4.0 também têm um papel vital na otimização de cada etapa, na redução de desperdícios e no aprimoramento contínuo da qualidade.

Em suma, a siderurgia não é apenas uma indústria de base; ela é um setor vibrante e em constante transformação, que se adapta incansavelmente aos desafios e às exigências da sociedade. A pesquisa e o desenvolvimento contínuos de novos aços e de processos de produção mais limpos e eficientes são absolutamente cruciais para garantir que o aço continue sendo esse material fundamental para o progresso humano e para a construção de um futuro que seja, de fato, mais sustentável. A resiliência e a incrível capacidade de reinvenção dessa indústria são a prova viva de sua importância

contínua no cenário global.

Referências

BISWAS, A. K. *Principles of Blast Furnace Ironmaking*. New Delhi: Allied Publishers Private Limited, 2018.

BLAST FURNACE IRONMAKING: principles and practice. Warrendale, PA: AISE Steel Foundation, 2004.

DAVENPORT, W. G. *Iron and Steel Industry*. New York: John Wiley & Sons, 1978.

DEGARMO, E. P.; BLACK, J. T.; KOHSER, R. A. *Materials and Processes in Manufacturing*. New York: John Wiley & Sons, 2011.

EUROPEAN STEEL ASSOCIATION (EUROFER). *Steel - The Permanent Material: Driving Circular Economy*. Brussels: EUROFER, 2022.

FRUEHAN, R. J. *The Making, Shaping and Treating of Steel: Ironmaking*. Warrendale, PA: AISE Steel Foundation, 1998.

GHOSH, A. *Textbook of Materials and Metallurgical Engineering*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2006.

HAGBERG, H.; SÖDERSTRÖM, M. *Recycling of Steel in Electric Arc Furnaces*. Stockholm: Jernkontoret, 2017.

JORGENSON, D. W.; WILCOX, P. J. *The Energy-Economy Link*. Cambridge, MA: MIT Press, 2012. MCGANNON, H. E. *The Making, Shaping and Treating of Steel*. Warrendale, PA: The AISE Steel Foundation, 2005.

ROSENQVIST, T. *Principles of Extractive Metallurgy*. Trondheim: Tapir Academic Press, 2004. THE MAKING, SHAPING AND TREATING OF STEEL: steelmaking and refining volume.

Warrendale, PA: AISE Steel Foundation, 1998.

WORLD STEEL ASSOCIATION. *Steel and Sustainable Development*. Brussels: World Steel Association, 2023.

WÜNNENBERG, K. et al. *Continuous Casting*. Weinheim: Wiley-VCH, 1999.

USO DA TECNOLOGIA BIM APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL USE OF BIM TECHNOLOGY APPLIED TO CIVIL CONSTRUCTION

Geraldo Augusto Carvalho Belfort Neto

Mariana Barbosa de Carvalho
Arquitetura e Urbanismo, AlfaUnipac, Brasil

E-mail: geraldoaugustomr@gmail.com

Resumo

A indústria da construção civil tem passado por profundas transformações nas últimas décadas, impulsionadas por avanços tecnológicos que visam aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e melhorar a qualidade dos empreendimentos. Entre essas inovações, destaca-se o Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, que representa uma nova abordagem para o planejamento, execução e gerenciamento de obras. O BIM permite a criação de modelos digitais tridimensionais com informações integradas sobre todos os aspectos do projeto, desde a concepção até a operação do edifício. O presente artigo tem como objetivo analisar o uso da tecnologia BIM (Building Information Modeling) na construção civil, destacando seus impactos positivos na integração de projetos, aumento da eficiência, redução de desperdícios e melhoria na sustentabilidade das obras. A metodologia adotada consiste em revisão bibliográfica de fontes nacionais e internacionais, além da análise das diretrizes da Estratégia BIM BR no contexto brasileiro. Os resultados indicam que a adoção do BIM promove mudanças estruturais na forma de projetar, construir e gerenciar empreendimentos, sendo um instrumento essencial para a modernização do setor. Conclui-se que, apesar dos desafios ainda presentes, como a capacitação de profissionais e o custo de implantação, os benefícios do BIM superam significativamente suas limitações.

Palavras-chave: BIM; Construção civil; Sustentabilidade.

Abstract

The construction industry has undergone profound transformations in recent decades, driven by technological advances aimed at increasing productivity, reducing waste and improving the quality of projects. Among these innovations, Building Information Modeling (BIM) stands out, representing a new approach to planning, executing and managing projects. BIM allows the creation of three-dimensional digital models with integrated information on all aspects of the project, from conception to operation of the building. This article aims to analyze the use of BIM (Building Information Modeling) technology in the construction industry, highlighting its positive impacts on project integration, increased efficiency, reduced waste and improved sustainability of projects. The methodology adopted consists of a bibliographic review of national and international sources, in addition to the analysis of

the guidelines of the BIM BR Strategy in the Brazilian context. The results indicate that the adoption of BIM promotes structural changes in the way projects are designed, built and managed, being an essential instrument for the modernization of the sector. It is concluded that, despite the challenges still present, such as the training of professionals and the cost of implementation, the benefits of BIM significantly outweigh its limitations.

Keywords: BIM; Civil construction; Sustainability.

1. Introdução

A construção civil é historicamente marcada por processos fragmentados e pouco integrados entre os diversos agentes envolvidos, o que frequentemente resulta em retrabalho, atrasos e aumento de custos. A construção civil desempenha um papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico das nações, sendo responsável por grande parcela do Produto Interno Bruto (PIB), geração de empregos e transformação dos espaços urbanos. No entanto, o setor ainda enfrenta inúmeros desafios relacionados à baixa produtividade, elevado índice de desperdícios, atraso na entrega de obras e deficiência na integração entre os diversos agentes envolvidos no processo construtivo. Essas dificuldades são agravadas pela fragmentação do ciclo de vida dos empreendimentos e pela adoção de métodos de trabalho pouco colaborativos e, muitas vezes, desatualizados (AZHAR et al., 2012; GU & LONDON, 2010).

Nos últimos anos, a transformação digital da indústria da construção tem ganhado destaque como um caminho promissor para superar esses entraves. Nesse contexto, o Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, surge como uma tecnologia disruptiva, capaz de reformular significativamente os processos de planejamento, projeto, execução, operação e manutenção de edificações e infraestruturas. O BIM não é apenas uma ferramenta de modelagem tridimensional, mas sim uma metodologia de trabalho colaborativa baseada na criação e utilização de modelos digitais ricos em informações, que acompanham todo o ciclo de vida do ativo construído (EASTMAN et al., 2011).

Ao centralizar dados em um modelo digital paramétrico e integrado, o BIM permite maior previsibilidade de custos, prazos e desempenho, reduzindo retrabalhos, falhas de comunicação e incompatibilidades entre disciplinas. Além disso, amplia a capacidade de simulações, análises energéticas, avaliações de impacto ambiental e planejamento de manutenção preventiva e corretiva, o que o

torna essencial para uma construção civil mais sustentável, eficiente e inteligente (KRYGIEL & NIES, 2008; WONG & ZHOU, 2015).

A importância crescente da metodologia BIM tem sido reconhecida internacionalmente, com diversos países adotando políticas públicas para estimular ou até tornar obrigatória sua implementação em obras públicas. O Reino Unido, por exemplo, determinou desde 2016 o uso de BIM em projetos financiados pelo governo central (UK BIM Task Group, 2016). No Brasil, o marco foi a criação da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), instituída pelo Decreto nº 9.983/2019, que estabeleceu um plano de ação com metas para adoção progressiva da metodologia em contratações públicas federais, com vistas à modernização do setor e à melhoria da qualidade das obras públicas (BRASIL, 2019).

Apesar dos inúmeros benefícios observados na literatura e em experiências práticas, a adoção do BIM ainda enfrenta desafios significativos, como a necessidade de capacitação profissional, investimentos em infraestrutura tecnológica, adaptação de processos internos e resistência à mudança organizacional. Tais obstáculos são mais evidentes em empresas de pequeno e médio porte, que compõem a maior parte do setor da construção civil brasileira (GU & LONDON, 2010; DIAS et al., 2021).

O BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, é uma metodologia que permite a criação de modelos digitais tridimensionais contendo informações físicas, funcionais, geométricas e analíticas de uma construção. Diferente do CAD tradicional, que apenas representa graficamente os elementos do projeto, o BIM agrega dados inteligentes que podem ser utilizados em todas as fases do ciclo de vida da edificação (EASTMAN et al., 2011). A construção civil está entre os setores que mais movimentam a economia global, mas também é um dos que mais enfrenta desafios relacionados à produtividade, desperdício de materiais, atrasos e falhas de comunicação entre os agentes envolvidos. Neste contexto, o avanço tecnológico tem se mostrado essencial para promover maior eficiência e sustentabilidade no setor. Dentre as inovações tecnológicas aplicadas à construção civil, destaca-se o Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, uma metodologia que permite a criação e a gestão de representações digitais precisas de características físicas e funcionais de uma edificação ao longo de seu ciclo de vida.

Diante desse panorama, este artigo tem como objetivo apresentar uma análise abrangente sobre o uso da tecnologia BIM na construção civil, destacando seus principais conceitos, benefícios, limitações, impactos na sustentabilidade e

perspectivas futuras. Por meio de uma revisão bibliográfica fundamentada e da discussão de experiências de implementação no Brasil e no exterior, pretende-se contribuir para o entendimento do papel transformador do BIM na cadeia produtiva da construção e fomentar sua adoção como ferramenta estratégica de gestão e inovação.

2. Revisão da Literatura

A tecnologia BIM (Building Information Modeling), ou Modelagem da Informação da Construção, revolucionou a forma como a construção civil é projetada e construída. Trata-se de uma metodologia que utiliza modelos tridimensionais inteligentes para representar digitalmente um projeto de construção, integrando todas as informações relevantes ao longo do seu ciclo de vida. O termo BIM refere-se a um processo colaborativo baseado em modelos digitais tridimensionais, que integram dados geométricos, estruturais, elétricos, hidráulicos, orçamentários e de cronograma, entre outros (EASTMAN et al., 2011).

Esta abordagem permite uma compreensão mais profunda e integrada de um projeto, desde sua concepção até a operação e manutenção do edifício. Segundo Azhar et al. (2012), o BIM oferece diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais de projeto e construção, tais como: Melhoria da comunicação entre os stakeholders; Redução de erros de projeto; Visualização antecipada de interferências entre sistemas (clash detection); Planejamento mais eficiente de custos e cronogramas; Possibilidade de simulações energéticas e análise de desempenho.

Traduzida para o português, a Modelagem de Informação da Construção pretende especificar e unir as informações e os atributos dos projetos de uma edificação de forma integrada e organizada. Com isso, é possível criar, através de softwares baseados no BIM, um modelo 3D detalhado da obra. Ele é muito mais minucioso e próximo do resultado do que os protótipos 2D ou mesmo produtos que só possuem meros dados visuais em 3D. As inovações provindas da era digital auxiliam em diversos setores desse negócio. Com o uso de tecnologias, a etapa do planejamento e do projeto se torna mais eficiente. Um canteiro de obras totalmente conectado é um dos maiores benefícios da adoção de ferramentas para o canteiro. Assim todos os processos de uma construção ocorrem de maneira integrada,

possibilitando a resolução de problemas de maneira ágil, otimizando o tempo de trabalho e acarretando em maior assertividade nas etapas.

A implementação de novas ferramentas e softwares, todas as etapas da obra são beneficiadas, desde a gestão de projetos até o seu resultado final. O uso do BIM, por exemplo, já é rotina em diversos lugares do mundo. Agora, vem se tornando realidade em muitas empresas de construção no Brasil. Com tanta atenção voltada ao BIM, outras tecnologias também têm entrado em foco, abrindo espaço para mais novidades no setor. Desse modo, a construção civil consegue acompanhar um mercado cada vez mais exigente por soluções modernas. Um dos grandes desafios da área, a compatibilização de projetos, fica muito mais fácil de ser solucionado com o BIM. Problemas que aparecem quando unimos o plano elétrico e o hidráulico, por exemplo, podem ser resolvidos. Esses e outros desafios podem ser identificados e resolvidos rapidamente ainda na fase da elaboração. Quando há uma plena conectividade entre os envolvidos, é pouco provável que algum gargalo passe despercebido. No entanto, quando isso acontece, é possível tomar decisões rapidamente, o que evita retrabalhos, diminuindo os custos e o tempo da construção. No entanto, é preciso ficar atento: o BIM não é um software, mas um conceito de elaboração de projetos de construção (Redação Sienge, 2024).

Embora o pensamento geral de que se trate de uma ferramenta de modelagem em 3D, o BIM é uma forma de gestão da informação que aplica diferentes sistemas. É, portanto, a união da tecnologia dos softwares com uma administração da informação eficiente e uma cultura de comunicação atuante no dia a dia. São vários benefícios que a adoção da tecnologia BIM consegue trazer para as empresas da construção civil. Independente da fase da edificação ou até mesmo da tecnologia escolhida, é possível otimizar o tempo e os recursos com a aplicação do BIM. Com projetos mais detalhados e completos, conseguem reduzir erros até mesmo antes do início da execução. Assim, há menos retrabalhos e desperdícios, diminuindo os gastos e reduzindo os prazos. Além disso, adotar essa ideia permite uma melhor estimativa de custos, tornando o orçamento mais realista.

Outra vantagem, é que há maior integração e assertividade na comunicação da equipe. As tomadas de decisões podem ser mais rápidas e há menos chances de erros de interpretação. Tudo isso aumenta a produtividade e a eficiência dos serviços, diminuindo prazos e melhorando a qualidade da entrega. Vale citar também que o seu uso permite que sejam realizados testes e simulações do

empreendimento. Dessa forma, os profissionais conseguem entender como a estrutura irá se comportar depois de construída. Além disso, vale ressaltar que o uso de tecnologia BIM também possui outros benefícios como:

Compatibilização de Projetos: Uma das maiores causas de atrasos e retrabalhos em obras está na incompatibilidade entre projetos de diferentes disciplinas (estrutura, elétrica, hidráulica, etc.). O BIM permite a compatibilização em um ambiente digital único, reduzindo significativamente essas ocorrências. Com a detecção de interferências, é possível ajustar os projetos ainda na fase de planejamento, otimizando os recursos e reduzindo o retrabalho em campo.

Planejamento e Orçamentação (4D e 5D BIM): O modelo BIM pode ser vinculado ao cronograma da obra (4D BIM) e aos custos (5D BIM), permitindo análises mais detalhadas e precisas. Isso facilita o controle do fluxo de trabalho e dos gastos ao longo da execução, aumentando a confiabilidade e o controle orçamentário.

Sustentabilidade e Eficiência Energética (6D BIM): Com o 6D BIM, é possível realizar simulações de desempenho energético, ventilação natural, iluminação, entre outras análises ambientais, ainda na fase de projeto. Essa capacidade contribui para a criação de edificações mais sustentáveis e eficientes, alinhadas com padrões de certificações ambientais.

A construção civil está em um ponto de inflexão. À medida que a demanda por práticas mais sustentáveis cresce, o setor busca soluções inovadoras para enfrentar os desafios ambientais e econômicos. Uma dessas soluções é a Modelagem da Informação da Construção (BIM) (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2022).

A sustentabilidade na construção, por sua vez, envolve práticas que minimizam os impactos ambientais e econômicos dos projetos, promovendo eficiência energética, uso responsável de recursos e redução de resíduos. Nesse contexto, o termo Green BIM é usado para descrever a aplicação de práticas sustentáveis dentro do BIM. A adoção da Modelagem de Informação da Construção permite a elaboração de projetos sustentáveis com auxílio dos testes no modelo da construção. Alguns softwares permitem, por exemplo, a definição de diferentes materiais construtivos. Dessa forma, é possível avaliar como eles se comportam em questões energéticas e de conforto térmico e acústico. Assim, os profissionais conseguem ter mais certeza na hora de escolher um material que ajude a diminuir a necessidade de iluminação e ventilação artificial. O modelo BIM pode ser utilizado

para analisar o desempenho energético de um edifício, simulando condições de iluminação natural, ventilação cruzada, eficiência de sistemas HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado), e desempenho térmico de materiais. De acordo com Krygiel e Nies (2008), o BIM permite identificar estratégias de projeto passivo e tecnologias que reduzem o consumo energético, o que é fundamental para atingir padrões de certificação ambiental, como LEED, BREEAM e AQUA-HQE.

A integração do BIM na construção civil traz inúmeras vantagens que promovem práticas mais sustentáveis. Entre essas vantagens, destacam-se a redução de desperdício de materiais, a otimização de recursos naturais, o planejamento eficiente e melhorias significativas na eficiência energética dos edifícios. Além de edifícios, o BIM pode ser integrado ao GIS (Geographic Information System) para o planejamento de bairros e cidades inteligentes, otimizando a mobilidade urbana, uso de solo e infraestrutura verde. Alwan, Jones e Holgate (2017) destacam que a integração de BIM com dados geoespaciais proporciona uma abordagem holística para o desenvolvimento urbano sustentável.

No Brasil, a disseminação do BIM ganhou impulso a partir da criação da Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983/2019. A iniciativa estabelece diretrizes e metas para a adoção gradual da metodologia em obras públicas federais, com o objetivo de aumentar a transparência, a produtividade e a qualidade das obras públicas (BRASIL, 2019). Apesar dos avanços, o país ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de padronização, a carência de profissionais qualificados e os custos associados à implantação da tecnologia. O Governo Federal publicou, no dia 22 de janeiro de 2024, o Decreto nº 11.888 que institui a estratégia para promover a transformação na indústria da construção.

A Nova Estratégia BIM BR, que visa modernizar e tornar mais eficiente a administração pública por meio da implementação de processos BIM, avança em direção a metas ambiciosas para o horizonte de 2025 a 2027. A partir de chamamento público do MDIC, com apoio do PNUD, foi selecionado o consultor e conselheiro do BIM Fórum Brasil, Sergio Scheer, para a produção de uma proposta de plano de trabalho para essa nova fase da Estratégia BIM BR, com foco em três eixos principais: estruturação do poder público para o uso do BIM, capacitação e formação profissional e pesquisa, desenvolvimento e inovação, destacando-se o apoio aos desenvolvedores de software brasileiros. O plano de trabalho da Estratégia inclui quatro etapas, começando pela avaliação do status quo da

utilização do BIM no Brasil e no mundo, com ênfase na maturidade da tecnologia. "É extremamente desafiador, mas encontramos uma rede de apoio importante para enfrentar esse objetivo", conclui Scheer.

Em termos de capacitação profissional, a Estratégia prevê uma colaboração com o Ministério da Educação (MEC) para atualizar os currículos acadêmicos e expandir as células BIM nas universidades. Esse esforço também visa levar a capacitação ao ensino técnico e profissionalizante. Para apoiar a pesquisa e inovação, a Estratégia busca uma aproximação com instituições como FINEP e BNDES, visando criar um ambiente favorável ao desenvolvimento e aperfeiçoamento dos produtos BIM no Brasil. O envolvimento dos grupos de trabalho trará contribuições importantes para a elaboração de relatórios sobre o uso do BIM no setor público e no mercado. Esses relatórios poderão auxiliar na formulação de uma coleção de diretrizes para a implementação e disseminação dos benefícios da tecnologia, tanto no Brasil quanto em outros países.

A Estratégia BIM BR continua a ser uma iniciativa de transformação do setor da construção civil no país. Com o comprometimento dos ministérios e órgãos envolvidos, e com a parceria de organizações da sociedade civil convidadas, além da estrutura de gestão e planejamento estratégico implantados pelo Decreto que estabeleceu a nova Estratégia BIM BR, a expectativa é que a tecnologia BIM se torne uma norma na administração pública brasileira, beneficiando o desenvolvimento urbano e a gestão de projetos públicos e privados em todo o território nacional.

3. Considerações Finais

O uso da tecnologia BIM na construção civil representa uma das mais relevantes inovações tecnológicas da atualidade para esse setor. Sua implementação vem se consolidando como um processo fundamental para a modernização da cadeia produtiva da construção, possibilitando um ambiente mais integrado, colaborativo e eficiente.

A aplicação do BIM permite a centralização de informações em modelos digitais tridimensionais, otimizando o gerenciamento de dados e promovendo a transparência em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento. Isso resulta em uma redução significativa de retrabalhos, conflitos entre disciplinas e

desperdícios de materiais, além de favorecer a previsibilidade de custos e prazos.

Outro aspecto relevante é a contribuição do BIM para a sustentabilidade ambiental. Com a possibilidade de realizar simulações energéticas, análises do ciclo de vida e modelagens de eficiência operacional, o uso do BIM promove a construção de edificações mais sustentáveis, reduzindo impactos ambientais e otimizando o consumo de recursos naturais.

Entretanto, sua plena implementação exige investimentos em capacitação, adaptação de processos e mudança cultural no setor da construção civil. Com o apoio de políticas públicas e o engajamento da iniciativa privada, o BIM tende a se consolidar como ferramenta indispensável para a modernização do setor.

A adoção do BIM ainda apresenta desafios significativos, especialmente no contexto brasileiro. A falta de padronização de processos, a escassez de profissionais capacitados e o custo inicial para implantação da tecnologia ainda são entraves que precisam ser superados. Políticas públicas como a Estratégia BIM BR têm contribuído para o avanço dessa agenda, mas é fundamental o envolvimento mais ativo dos setores público e privado, das instituições de ensino e dos profissionais da área.

Dessa forma, pode-se concluir que o BIM é uma ferramenta estratégica essencial para a construção civil do futuro. Sua adoção não deve ser vista como opcional, mas como uma necessidade para empresas que desejam se manter competitivas em um mercado cada vez mais exigente e orientado à sustentabilidade, eficiência e inovação. Investir em BIM é investir na transformação da construção civil brasileira.

REFERÊNCIAS

BIM e sustentabilidade: como essa combinação contribui para uma construção mais verde. Sienge, 16 jul. 2024. Disponível em:

<https://sienge.com.br/blog/bime-sustentabilidade-na-construcao/#:~:text=Com%20o%20BIM,%20os%20profissionais,da%20vida%20útil%20do%20edifício>. Acesso em: 24 maio 2025.

ESTRATÉGIA BIM BR. GOV.BR, 22 jan. 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/building-information-modelling-bim>. Acesso em: 24 maio 2025.

TECNOLOGIA BIM: tudo o que você precisa saber. Mobuss Construção, 23 jun.

2022. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/tecnologia-bim/>.
Acesso em: 24 maio 2025.