

FACULDADE EDUFOR

ENGENHARIA CIVIL

CARLOS EDUARDO COSTA DE SOUSA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL



São Luís

2023

S725i Sousa, Carlos Eduardo Costa de

Inovações tecnológicas na construção civil / Carlos Eduardo Costa de Sousa — São Luís: Faculdade Edufor, 2023.

17 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) — Faculdade Edufor - São Luís, 2023.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt do Ó

1. Desperdício de materiais. 2. Inovações tecnológicas. 3. Engenharia civil. 4. Sustentabilidade. I. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 624

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Carlos Eduardo Costa De Sousa¹

Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó²

Resumo

A utilização de inovações tecnológicas na construção civil para a redução do desperdício de matérias representa um ponto crucial para a transformação do setor. Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo principal mostrar as principais inovações tecnológicas que podem ser efetivamente empregadas para mitigar o desperdício de materiais na construção civil, a necessidade de soluções inovadoras e sustentáveis, com ênfase nas tecnologias como Modelagem de Informações da Construção (BIM), impressão 3D e Internet das Coisas (IoT). O estudo também destaca benefícios econômicos e ambientais, como a redução de custos, a eficiência energética e a preservação de recursos naturais. A metodologia de pesquisa e a relevância da definição de desperdício na construção civil são abordadas, culminando na proposta de um enfoque inovador para transformar o setor. Portanto, este artigo consiste em explorar as vantagens decorrentes da adoção dessas inovações tecnológicas para a minimização do desperdício de materiais no âmbito da construção civil, pois ao adotar tecnologias como a Modelagem de Informação (BIM), Impressão 3D e Internet das Coisas (IoT), O setor tem a oportunidade de transformar essas Inovações positivas para uma gestão de projetos melhor e eficiente.

Palavras-chave: Desperdício de Materiais; Inovações Tecnológicas; Engenharia Civil; Sustentabilidade.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís.

E-mail: carlos.eduardo.costa.de.sousa@alunoedufor.com.br.

² Mestre em Engenharia Elétrica. E-mail: franklin.doo@edufor.edu.br

Abstract

The use of technological innovations in civil construction to reduce the waste of materials represents a crucial point for the transformation of the sector. In this context, the main objective of this work is to show the main technological innovations that can be effectively employed to mitigate the waste of materials in civil construction, the need for innovative and sustainable solutions, with emphasis on technologies such as Building Information Modeling (BIM), 3D printing and the Internet of Things (IoT). The study also highlights economic and environmental benefits, such as cost savings, energy efficiency and the preservation of natural resources. In addition, the research methodology and the relevance of the definition of waste in civil construction are addressed, culminating in the proposal of an innovative approach to transform the sector. Therefore, this article aims to explore the advantages arising from the adoption of these technological innovations to minimize the waste of materials in the field of civil construction, because by adopting technologies such as Information Modeling (BIM), 3D Printing and the Internet of Things (IoT), the sector has the opportunity to transform these positive innovations into better and efficient project management.

Keywords: Waste of Materials; Technological Innovations; Civil engineering; Sustainability.

1. Introdução

A construção civil, como setor fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, desempenha um papel significativo na moldagem do ambiente construído. Contudo, é inegável que esse setor também enfrenta desafios complexos, sendo um dos mais proeminentes o desperdício de materiais. A magnitude desses resíduos não apenas impõe custos substanciais às empresas, mas também contribui significativamente para os impactos ambientais negativos, como a escassez de recursos naturais e a degradação ambiental. (MARTINS, 2019).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo principal mostrar as principais inovações tecnológicas que podem ser efetivamente empregadas para mitigar o desperdício de materiais na construção civil, com ênfase em tecnologias como Modelagem de Informações da Construção (BIM), impressão 3D e Internet das Coisas (IoT) a busca por soluções eficazes e sustentáveis tornou-se imperativa. (ROQUE; PIERRI, 2018).

A utilização de inovações tecnológicas na construção civil representa um ponto crucial para a transformação do setor, especialmente no que diz respeito à redução do desperdício de materiais. Três inovações em particular — Modelagem de Informações da Construção (BIM), impressão 3D e Internet das Coisas (IoT) — têm se destacado como potenciais catalisadores para otimizar processos, minimizar erros e, consequentemente, reduzir o desperdício. (ROQUE; PIERRI, 2018).

A ascensão da Modelagem de Informações da Construção (BIM), a aplicação da impressão 3D na construção civil, e o desenvolvimento de sistemas inteligentes de gestão de resíduos representam apenas algumas das tendências tecnológicas que têm o potencial de remodelar profundamente a dinâmica tradicional da construção. Essas inovações não apenas oferecem novas perspectivas para o planejamento e execução de projetos, mas também para a redução do desperdício de materiais na construção civil em uma abordagem mais consciente e eficiente no uso dos recursos. (LEMOS, 2018).

A impressão 3D na construção civil está se tornando uma realidade, possibilitando a fabricação de componentes de edifícios com menos resíduos e maior precisão. Um benefício significativo é a drástica redução do uso de formas de madeira durante a execução de estruturas de concreto. Atualmente, essas estruturas frequentemente utilizam

formas temporárias de madeira, representando uma porção considerável dos custos de construção. A impressão 3D reduz esse custo, elimina o desperdício associado às formas de madeira e otimiza o tempo necessário para a colocação e retirada das mesmas. (PAIM; ALMEIDA, 2018).

A Internet das Coisas (IoT) também desempenha um papel importante na redução do desperdício de materiais. Sensores conectados a máquinas e equipamentos permitem o monitoramento em tempo real do consumo de materiais, permitindo um gerenciamento mais eficaz e a detecção precoce de problemas, minimizando o desperdício de materiais (PEREIRA; LIMA, 2020).

A metodologia utilizada, foi uma revisão bibliográfica e documental de artigos científicos e monografias e dissertações encontradas na base dados dos seguintes sites, Google Acadêmico, Scielo (Scientific Electronic Library Online) e Lilacs. Utilizando critérios de inclusão para elaboração da pesquisa publicações em língua portuguesa entre anos 2018 a 2023.

O presente trabalho apresenta uma proposta flexível das inovações tecnológicas que surgem como agentes transformadores capazes de redefinir a abordagem convencional da construção civil. Essas inovações não apenas aprimoram a eficiência na construção civil, mas também fomentam práticas mais sustentáveis, mitigando o desperdício e o impacto ambiental. Portanto, este artigo consiste em explorar as vantagens decorrentes da adoção dessas inovações tecnológicas para a minimização do desperdício de materiais no âmbito da construção civil.

2. Definição de desperdício na construção civil e suas relevâncias.

O desperdício na construção civil refere-se à utilização ineficiente de recursos, resultando em perdas tangíveis e intangíveis ao longo do processo construtivo. Uma das formas mais visíveis de desperdício é a sobra de materiais, que ocorre quando a quantidade adquirida excede as necessidades reais do projeto. Isso não apenas representa um custo financeiro adicional para as empresas, mas também contribui para a exploração desnecessária de recursos naturais, aumentando o impacto ambiental. (MARINHO, 2019).

Figura 1: Desperdícios e geração de Resíduos.



Fonte: Autor (2022).

Além disso, o desperdício de tempo é uma preocupação significativa na construção civil. A falta de planejamento eficiente, coordenação inadequada entre as equipes, atrasos na entrega de materiais e mudanças frequentes no projeto podem resultar em paralisações no canteiro de obras, levando a custos adicionais e impactando os prazos de entrega. O tempo desperdiçado também afeta a produtividade da mão de obra, contribuindo para custos indiretos significativos. (ALBUQUERQUE; SANTANA, 2018).

Segundo Degani (2020). O desperdício na forma de retrabalho também é uma questão crucial. Erros de projeto, falhas na execução ou falta de qualidade nos materiais utilizados podem resultar em retrabalhos, aumentando os custos e afetando o cronograma da obra. Além dos impactos financeiros, o retrabalho prejudica a eficiência operacional e pode comprometer a reputação da empresa.

A gestão inadequada de resíduos é outra face do desperdício na construção civil. O descarte inadequado de resíduos pode resultar em impactos ambientais negativos, incluindo a contaminação do solo e da água. A relevância desse aspecto reside na necessidade de adotar práticas mais sustentáveis, como a reciclagem de resíduos de construção, para minimizar o impacto ambiental e promover uma gestão responsável de recursos. (M² OBRAS, 2020).

Além dos desperdícios materiais e temporais, a burocracia excessiva e a falta de inovação também são formas de desperdício na construção civil. Processos morosos e a resistência

à adoção de novas tecnologias podem impactar negativamente a eficiência do setor, dificultando a implementação de práticas mais sustentáveis e eficazes. (SANTOS; VASCONCELOS, 2021).

Outro aspecto importante sobre a definição de desperdício na construção civil abrange diversas dimensões que vão além da simples perda de materiais. Sua relevância está intrinsecamente ligada à eficiência econômica, ambiental e operacional do setor. Reduzir o desperdício não apenas beneficia as empresas do ramo, melhorando a rentabilidade e a competitividade, mas também contribui para a construção de um setor mais sustentável e responsável. (MARINHO, 2019).

3. Benefícios econômicos e ambientais para reduzir os desperdícios de materiais na construção civil.

A redução de desperdícios de materiais na construção civil não apenas apresenta benefícios econômicos notáveis, mas também implica ganhos ambientais significativos. Economicamente, a otimização do uso de materiais resulta em custos reduzidos associados à compra excessiva, gestão de resíduos e retrabalho. Além disso, a eficiência operacional resultante contribui para a conclusão mais rápida dos projetos, gerando economias adicionais. Do ponto de vista ambiental, a minimização de resíduos diminui a pressão sobre os recursos naturais e atenua os impactos negativos da construção civil no meio ambiente, promovendo práticas mais sustentáveis. A redução do desperdício na construção civil, portanto, representa uma abordagem que ganha, alinhando eficiência econômica com responsabilidade ambiental. (OLIVEIRA; SOARES, 2020).

3.1. Benefícios econômicos: Na redução do desperdício de materiais na construção civil.

A redução do desperdício de materiais na construção civil concretiza diversos benefícios econômicos que reverberam ao longo de todo o ciclo do projeto. Em primeiro lugar, a otimização do uso de materiais resulta em economia direta de recursos financeiros, uma vez que a compra excessiva e a necessidade de reposição de materiais são significativamente reduzidas. Além disso, a minimização de retrabalhos, frequentemente decorrentes de erros no dimensionamento inicial, diminui os custos associados a modificações e ajustes durante a execução do projeto. (OLIVEIRA; SOARES, 2020).

Devido a melhoria da eficiência operacional, derivada da diminuição do desperdício, impacta diretamente a eficácia da mão de obra e o cumprimento dos prazos estabelecidos. O controle dessas interrupções ocasionadas por ajustes ou reposições de materiais resulta em ciclos de construção mais ágeis, minimizando custos secundários associados a prorrogações de cronograma e atrasos na entrega do projeto. Essa agilidade operacional, por conseguinte, tem o potencial de elevar a capacidade de produção e a lucratividade das empresas do setor, contribuindo para a robustez financeira do empreendimento. (VIERA; OLIVEIRA NETO, 2019).

Outro benefício econômico relevante está relacionado à gestão mais eficiente de resíduos. A redução do desperdício implica menor volume de resíduos a serem descartados, diminuindo os custos associados ao transporte e tratamento desses materiais. Além disso, a prática de reciclagem e reutilização de resíduos, promovida pela redução do desperdício, pode representar uma fonte adicional de receitas para as empresas, ao invés de custos associados ao descarte inadequado. (FARIAS; MARINHO, 2020).

Implementação de tecnologias inovadoras, como a Modelagem de Informações da Construção (BIM), a impressão 3D e a Internet das Coisas (IoT), como citado acima, desempenha um papel crucial na obtenção desses benefícios econômicos. O BIM, por exemplo, permite uma gestão mais precisa de projetos, reduzindo erros e retrabalhos, enquanto a impressão 3D possibilita um uso mais eficiente de materiais por meio da personalização de componentes construtivos. A IoT contribui para a gestão inteligente de resíduos, monitorando o ciclo de vida dos materiais desde a produção até o descarte, maximizando a eficiência no uso dos recursos. (ROQUE; PIERRI, 2018).

Além disso, a minimização do desperdício de materiais na construção civil não apenas resulta em economias diretas e indiretas, mas também fortalece a competitividade das empresas, impulsionando práticas mais eficazes e sustentáveis. (CTE, 2021).

É importante ressaltar que a integração de inovações tecnológicas representa um caminho promissor para alcançar esses benefícios econômicos, alinhando o setor da construção civil com demandas crescentes por eficiência e responsabilidade financeira e ambiental. (MARTINS, 2019).

3.2. Benefícios ambientais: Na redução do desperdício de materiais na construção civil.

A redução do desperdício de materiais na construção civil não apenas representa um avanço econômico, mas também oferece uma série de benefícios ambientais substanciais, pois o processo construtivo tem um papel crucial na transição para práticas construtivas mais sustentáveis. Em primeiro lugar, ao minimizar a quantidade de materiais descartados, essa abordagem contribui diretamente para a redução da pressão sobre os aterros sanitários, mitigando a poluição do solo e a liberação de substâncias tóxicas decorrentes do descarte inadequado. (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2018)

Adicionalmente, a administração eficiente de resíduos resultante da diminuição do desperdício fomenta a reciclagem e a reutilização de materiais, diminuindo a demanda por novas extrações e a produção correlacionada de matérias-primas. Esse prolongamento do ciclo de vida dos materiais contribui para a preservação de recursos naturais, reduzindo a exploração de minerais, madeira e outros elementos vitais na construção civil. (MASTRONICOLA, 2018).

Destaca-se a emissão de carbono da construção civil, uma inquietação em ascensão diante das mudanças climáticas, é consideravelmente reduzida pela diminuição do desperdício. Materiais como o cimento, conhecidos por sua elevada emissão de carbono, são empregados de maneira mais eficaz, mitigando a influência do setor nas emissões de gases de efeito estufa. Desta maneira, a minimização do desperdício está em consonância com as iniciativas mais amplas de atenuação climática. (ARCHDAILY, 2020).

A conservação da biodiversidade é outra vantagem ambiental vital dessa prática. Ao reduzir a necessidade de expansão de áreas de extração de materiais de construção, a construção civil sustentável preserva habitats naturais e ecossistemas, contribuindo para a manutenção da diversidade biológica. Isso é particularmente relevante em um contexto global de perda acelerada da biodiversidade. (RODRIGUES, 2021).

Além dos benefícios mencionados, a redução do desperdício na construção civil também influencia positivamente a eficiência no uso de água e energia. Ao otimizar o uso desses materiais, a construção civil contribui para a conservação de recursos essenciais e

reduz a pegada ambiental associada à produção e transporte de materiais de construção. (REDAÇÃO SUSTENTARQUI, 2019).

4. Expor as inovações tecnológicas aplicadas a redução de desperdício de materiais na construção civil.

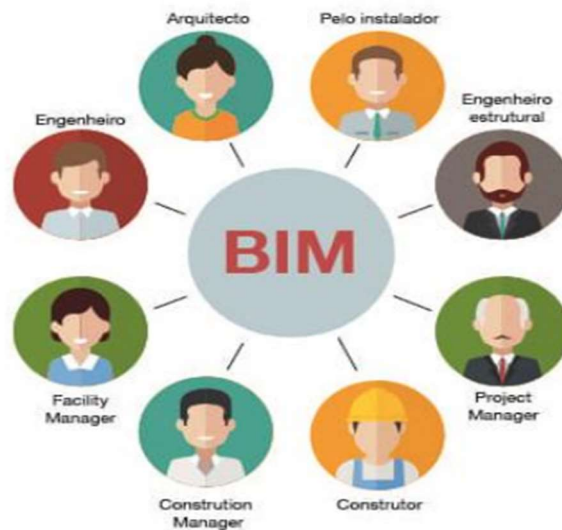
A implementação de inovações tecnológicas na construção civil visa atenuar o desperdício de materiais de maneira significativa. A Modelagem de Informações da Construção (BIM), a impressão 3D e a Internet das Coisas (IoT) são pilares nesse avanço. O BIM proporciona uma gestão integrada de projetos, a impressão 3D transforma a produção de componentes construtivos, e a IoT oferece monitoramento em tempo real do ciclo de vida dos materiais. Essas tecnologias convergentes não apenas aprimoram a eficiência operacional, mas também promovem uma abordagem mais sustentável na construção civil. (NETO, PETTER, 2018).

4.1. Modelagem de Informações da Construção (BIM): Na redução do desperdício de materiais na construção civil.

A Modelagem de Informações da Construção (BIM) Tem abrangendo um papel fundamental na redução do desperdício de materiais na construção civil, representando uma abordagem inovadora e integrada para o gerenciamento de projetos. Em primeiro lugar, o BIM proporciona uma representação tridimensional precisa do projeto, permitindo uma visualização detalhada de todas as fases da construção antes mesmo de iniciar a execução. Esse aspecto prévio contribui para a identificação precoce de possíveis inconsistências e erros no projeto, reduzindo a necessidade de retrabalho durante a construção. (BIBLUS, 2018).

Além disso, a funcionalidade colaborativa do BIM promove uma comunicação mais eficiente entre as diferentes partes envolvidas no projeto, desde arquitetos e engenheiros até fornecedores e empreiteiros. Essa colaboração integrada facilita a coordenação e a sincronização entre as disciplinas, minimizando retrabalhos causados por informações desatualizadas ou conflitantes. Como resultado, há uma redução significativa de desperdícios relacionados a ajustes tardios e modificações durante a construção. (BRASIL, 2018).

Figura 2 - Interoperabilidade entre os projetos.



Fonte: Adaptada de BIBLUS (2018).

A interoperabilidade permite que projetos arquitetônicos, estruturais e de engenharia se comuniquem sem dificuldades, facilitando a colaboração entre equipes. Isso é essencial para evitar falhas de comunicação, melhorar a eficiência e garantir que todos os aspectos de um projeto estejam alinhados, resultando em construções mais precisas e bem-sucedidas (BUILDINGSMART, 2018).

O BIM também otimiza o processo de quantificação de materiais, permitindo uma estimativa precisa das quantidades necessárias para a construção. A capacidade de realizar análises detalhadas de consumo de materiais ajuda na identificação de áreas onde é possível reduzir a quantidade de materiais utilizados sem comprometer a integridade estrutural ou funcional do projeto. Isso não apenas contribui para a redução de desperdícios, mas também resulta em economias significativas nos custos totais do projeto. (MACHADO; RUSCHEL, 2018).

Outro aspecto crucial do BIM é a gestão eficiente do ciclo de vida dos materiais. Desde a seleção inicial de materiais até o descarte no final da vida útil do edifício, o BIM possibilita o rastreamento e a documentação detalhada de cada material utilizado. Isso não apenas facilita a adoção de práticas sustentáveis, como a escolha de materiais ecoeficientes, mas também contribui para a gestão responsável de resíduos, promovendo a reciclagem e a reutilização sempre que possível. (Miyasaka, 2018).

A plataforma BIM está alinhada com princípios de construção sustentável ao considerar não apenas o ciclo de vida dos materiais, mas também a eficiência energética e o desempenho ambiental do edifício como um todo. (Miyasaka, 2018).

Pois, a simulação virtual proporcionada pelo BIM permite análises aprofundadas de como diferentes materiais e componentes afetam o desempenho do edifício, possibilitando a tomada de decisões informadas para otimizar a eficiência do planejamento do projeto e reduzir o desperdício e juntamente o impacto ambiental. (CTE, 2022).

Figura 3: Benéficos do Bim citados como um dos 3 mais importantes.



Fonte: (MCGRAW HILL, 2018).

4.2. Impressão 3D: Na redução do desperdício de materiais na construção civil.

A impressão 3D emerge como uma tecnologia inovadora com o potencial de transformar significativamente a construção civil. Em primeiro lugar, a capacidade da impressão 3D de fabricar estruturas complexas e componentes personalizados no local de construção elimina a necessidade de produção em massa e transporte de materiais pré-fabricados. (TEIXEIRA, 2018).

Isso não apenas reduz a quantidade de resíduos gerados durante o transporte, mas também minimiza o desperdício associado a materiais pré-fabricados que muitas vezes

não se encaixam perfeitamente nas necessidades específicas de um projeto. (MATTES, 2018).

A precisão e eficiência da impressão 3D contribuem para a otimização do uso de materiais. A tecnologia permite a criação de formas intrincadas e a utilização precisa de materiais, eliminando o excesso típico em métodos construtivos convencionais. Essa personalização de componentes construtivos não apenas reduz o desperdício, mas também resulta em estruturas mais leves e eficientes em termos de materiais. (TEIXEIRA, 2018).

Figura 4—Impressão 3D em execução nos Estados Unidos.



Fonte: SD4D (2021).

Figura 5—Edificação em impressão 3D nos Estados Unidos.



Fonte: SD4D (2021).

A primeira casa à venda construída por impressora 3D, localizada em Nova Iorque e desenvolvida pela SQ4D Incorporações, é um marco inovador na construção civil. Com

mais de 400 m² de concreto, a residência foi impressa no local pelo robô ARCS, fabricando tanto as fundações quanto as paredes internas e externas. da impressão 3D. (ALL 3DP, 2022).

Para Formiga e Carneiro (2020). Outro benefício da impressão 3D na redução do desperdício de materiais é a capacidade de utilizar resíduos de construção como matéria-prima para a impressão. Materiais como plásticos reciclados, concreto reciclado e até mesmo resíduos de construção demolidos podem ser incorporados aos processos de impressão 3D, transformando o que seria considerado desperdício em recursos valiosos. Isso não apenas reduz a demanda por novos materiais virgens, mas também aborda a questão da gestão de resíduos na construção civil.

Além disso, a impressão 3D é conhecida por sua eficiência energética, uma vez que requer menos energia do que os métodos de construção tradicionais. A redução no consumo de energia associada à produção de materiais e ao transporte contribui para a diminuição da pegada de carbono do setor da construção civil. Essa eficiência energética não apenas economiza recursos, mas também alinha a construção civil às metas globais de sustentabilidade e redução de emissões. (LEMOS, 2018).

A flexibilidade da impressão 3D também permite a construção de estruturas mais rapidamente em comparação com métodos convencionais, reduzindo os prazos de construção. Isso não apenas diminui os custos indiretos relacionados a prolongamentos de cronograma, mas também reduz a exposição a riscos ambientais e climáticos durante períodos de construção prolongados (VOLPATO, 2018).

4.3. Internet das Coisas (IoT): Na redução do desperdício de materiais na construção civil.

A Internet das Coisas (IoT) emerge como uma ferramenta poderosa na construção civil, sendo adotada como um papel estratégico na redução do desperdício de materiais. Ao incorporar sensores e dispositivos conectados em todo o canteiro de obras, a IoT permite uma monitorização em tempo real do ciclo de vida dos materiais, desde a entrega até o descarte. Essa visibilidade aprimorada contribui para a gestão eficiente de recursos, identificando oportunidades para a reutilização de materiais e otimizando os processos de reciclagem. (VIANA, 2023).

A implementação da IoT na construção civil também proporciona um monitoramento contínuo do consumo de energia e recursos, permitindo a identificação de padrões de uso e ineficiências operacionais. Essa capacidade de análise contribui para a identificação de áreas específicas onde o desperdício de materiais pode ser reduzido, com a eficiente e sustentável na seleção e utilização de recursos. (SANTOS, ALMEIDA, 2021).

Segundo SACOMANO (2018), a IoT oferece uma gestão mais inteligente de resíduos. Sensores instalados em recipientes de resíduos podem monitorar os níveis de enchimento, otimizando as operações de coleta e transporte. Isso não apenas reduz os custos associados à gestão de resíduos, mas também facilita a identificação de oportunidades para a reciclagem e reutilização de materiais descartados.

Facilitando uma colaboração mais positiva, a capacidade da IoT de proporcionar comunicação em tempo real entre as diversas partes interessadas da construção civil, como arquitetos, engenheiros, fornecedores e empreiteiros, reduz o risco de erros de interpretação ou informações desatualizadas. Auxilia em minimizar retrabalhos e ajustes tardios que frequentemente resultam em desperdício de materiais. (SOUZA; FERREIRA, 2020).

Outro destaque, é a contribuição para a segurança dos trabalhadores no canteiro de obras, a IoT monitora condições ambientais e identifica potenciais riscos. A redução de acidentes e danos à infraestrutura também se traduz em menor desperdício de materiais associado a reparos e substituições não planejadas. (MANCINI, 2018).

Ao fornecer dados em tempo real e percepções analíticas, a IoT não apenas impulsiona a eficiência operacional na construção civil, mas também fomenta uma abordagem mais consciente e sustentável na gestão de materiais. Sua capacidade de conectar e monitorar elementos diversos dentro do ambiente de construção a coloca como uma peça-chave na busca por práticas mais eficientes e sustentáveis no setor. (ŠTEFANIČ; STANKOVSKI, 2019).

5. Considerações Finais

As inovações tecnológicas na construção civil surgem como uma resposta crucial aos desafios associados ao desperdício de materiais. Ao adotar tecnologias como a Modelagem de Informações da Construção (BIM), a impressão 3D e a Internet das Coisas (IoT), o setor tem a oportunidade de transformar radicalmente sua abordagem, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis.

A implementação do BIM, permite uma gestão mais precisa de projetos, reduzindo erros e retrabalhos, enquanto a impressão 3D possibilita o uso eficiente de materiais por meio da personalização de componentes construtivos. A IoT, ao proporcionar monitoramento em tempo real e percepções analíticas, não apenas impulsiona a eficiência operacional, mas também fomenta uma abordagem mais consciente e sustentável na gestão de materiais.

Essas inovações não só abordam questões tangíveis, como a sobra de materiais e retrabalhos, mas também atendem a aspectos intangíveis, como a burocracia e resistência à mudança. O resultado é uma transformação completa da indústria, contribuindo para a redução significativa dos desperdícios ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto.

Portanto, essas inovações tecnológicas emergem como uma transformação relevante na questão do desperdício de materiais em torno da construção civil, enfatizando a redução de perdas de materiais, tempo, e do planejamento construtivo, na melhoria de diminuir erros executivos e proporcionar eficiência desde o projeto até a execução, contribuindo significativamente para a minimização do desperdício de materiais na construção civil.

6. Referências

ARCHDAILY (2020). **“Questão urgente: 10 estratégias para descarbonizar a arquitetura”**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/943680/questao-urgente-10-estrategias-para-descarbonizar-a-arquitetura>>. Acesso em: 14/11/2023.

ALBUQUERQUE, Thálya Lacerda; SANTANA, Dr. Claudemir G. **Desperdício de material no canteiro de obras de médio porte em São Luís- MA na atualidade**. Revista do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável, nº 9. Disponível em: <https://bit.ly/2Zc9wbK>. Acesso em: 14 nov. 2023.

ALL 3DP. **Casa impressa em 3D: 20 projetos mais importantes**. 2022. Disponível em: <https://all3dp.com/2/3d-printed-house-3d-printed-building/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRASIL, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **BIM BR Construção inteligente**. 2018. Disponível em: Acesso em: 10 nov. 2023.

BIBLUS. IFC e BIM: IFC, **o que é e para que serve? Qual é a ligação com o BIM?** BibLus. Disponível em: 2018<<http://biblus.accasoftware.com/ptb/ifc-o-que-e-e-para-queserve-qual-e-a-ligacao-com-o-bim/>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

BUILDINGSMART. **Certified Software**. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

CTE-Centro de tecnologia de edificações (2021), **Tendências da Construção Civil para 2022**. Disponível em: <https://www.arataumodular.com/app/wp-content/uploads/2022/01/E-book-Tende%CC%82ncias-da-Construc%CC%A7a%CC%83o-2022.pdf>. Acesso: 14/11/2023.

DEGANI, J. **O Impacto e a Importância da Construção Civil no país**. Brasil. Disponível em: 2020. <<https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/>>. Acesso em: 17/11/2023.

FARIAS. M. L; MARINHO. A. L. J. **Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na construção civil**. 2020. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 3, p. 16023-16033 Mar. 2020. ISSN 2525-8761.

FORMIGA, Caio Vinicius Efigenio; CARNEIRO, Marcos Lajovic. **Impressão 3D em concreto: revisão da literatura e desafios**. ABEPRO. Goiás, 2021. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_346_1779_41448.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

LEMO, A. **Revolução 4.0**. São Paulo: Editora Scortecci, 2018.

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C. **Soluções integrando BIM e Internet das Coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 9, n. 3, p. 204-222, set. 2018. ISSN 1980-6809. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v9i3.8650216>.

MARINHO, Jefferson Luiz Alves. **Tratamento de resíduos da construção civil: Parcerias e políticas públicas visando a sustentabilidade.** Meio Ambiente em Foco - Volume 9, capítulo 04. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2019.

MANCINI, M. **Internet das coisas: História, conceitos, aplicações e desafios.** 06 2018.

MARTINS. F. D. **AVALIAÇÃO DE CUSTOS E QUALIDADE DE DOIS MATERIAIS CONSIDERADOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2019. ISSN 2318-0463.

MATTES, W. **A construção civil e o desenvolvimento sustentável.** 2018. Vivagreen. <https://vivagreen.com.br/greenarq/construcao-civil-e-o-desenvolvimento-sustentavel/>> Acesso em: 20/10/2023.

MASTRONICOLA, João Pedro Gonçalves. **Métodos construtivos sustentáveis.** Intertem@s ArqEng, v. 1, n. 1, 2018.

MIYASAKA, E. L. **Proposta para curso de especialização em gestão de projetos BIM na construção civil.** Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído - ANTAC. 2018.

M² OBRAS. (2020). **Gestão Ambiental na Construção Civil. Brasil.** Disponível em: <https://www.custodaconstrucao.com/gestao-ambiental-na-construcao_> Acesso em 12/10/2023.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. (2018). **Principais impactos ambientais da construção civil e como evitá-los.** Santa Catarina. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao-civil/> Acesso em: 11/10/2023.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **O valor comercial do BIM para a construção nos principais mercados globais: Como empreiteiros em todo o mundo estão impulsionando a inovação com a modelagem de informações de construção.** Bedford, MA: MCGRAW HILL, 2018. Disponível em: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf. Acesso em: 11 nov. 2023.

NETO, Raul Oliveira; PETTER, Carlos Otávio. **Diagnóstico e tendências nas tecnologias aplicadas a reciclagem dos resíduos da construção e demolição**. Artigo apresentado no 1º Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado – RS, 2018. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br>. Acesso em: 14 mar. 2023.

OLIVEIRA. C. J. L; SOARES. B. C. M. **Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil**. 2020. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.5, p.24447-24462 may. 2020. ISSN 2525-8761.

PAIM, F. G.; ALMEIDA, M. R. S. **Estudo prospectivo sobre a utilização da impressora3D na área da construção civil**. Cad. Prospec., Salvador, v.11, Edição Especial, p. 463 – 474. 2018.

PEREIRA, F. G., & Lima, R. S. (2020). **Internet das Coisas na Construção Civil: Desafios e Oportunidades**. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Civil, 15-22.

ROQUE. L. A. R; PIERRI. C. A. **Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil**. 2018. Res., Soc. Dev. 2019; 8(2):e3482703 ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i2.703>.

RODRIGUES, M. **10 construções sustentáveis que aliam design e ecoeficiência**. Casacor, 2021. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/10-construcoes-sustentaveis-que-aliam-design-e-ecoeficiencia/>. Acesso: 11 de novembro de 2023.

Redação Sustentarqui. **Impactos Ambientais da Construção Civil**. Publicado em 05 de junho de 2019. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/impactos-ambientais-da-construcao-civil>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SANTOS, T. R., & Almeida, L. F. (2021). Segurança no Trabalho: **Aplicação de Sensores IoT para Detecção de Condições de Risco em Canteiros de Obras**. Revista de Engenharia de Segurança do Trabalho, 12(4), 30-45.

SANTOS, Itamar Ferreira; VASCONCELOS, Ana Cecília Feitosa. **Filosofia Just-in-Time e Construção Civil: Verificação de Práticas**. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2021.

SACOMANO, J. B. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

ŠTEFANIČ, Matej; STANKOVSKI, Vlado. **Uma revisão de tecnologias e aplicações para smart construção**. Anais da Instituição dos Engenheiros Cívicos - Engenharia Civil, v. 172, n. 2, p. 83-87, maio 2019. Thomas Telford Ltd. <http://dx.doi.org/10.1680/jcien.17.00050>.

SQ4D. **3D à Primeira casa impressa em venda. 2022**. Disponível em: <https://www.sq4d.com/first-3d-printed-house/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SOUZA, M. S., & Ferreira, J. R. (2020). **A Importância dos Sensores IoT na Gestão de Obras de Infraestrutura**. Revista Brasileira de Engenharia de Construção.

TEIXEIRA, João Hildeberto Silva. **Impressão 3D com extrusão de materiais cimentícios**. Dissertação (Design Industrial e de Produto) - Faculdade de Belas Artes do Porto, Porto, 2018. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/117813>. Acesso em: 20 set. 2023.

VIANA V **AS NOVAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NA PERSPECTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO SOBRE MELHORIA DOS PROCESSOS, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA COM A SUA UTILIZAÇÃO**. 2023. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL.

VIEIRA, Elton Simão; OLIVEIRA NETO, João Marcelino de. **QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PBQP-H ANÁLISE DO PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT**. Revista ETIS, Anápolis, v. 1, n. 1, p. 54-64, fev. 2019.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2018.