

O USO DA TECNOLOGIA NOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS – UMA PROPOSTA DE USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS EM OBRAS DE PEQUENO PORTE

Joncemar Dias dos Santos Sobrinho

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (joncemardias12@hotmail.com)

José Luís de Souza Júnior

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (joseluisdesouzajunior@gmail.com)

Matheus Veiga Triers

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (matheusveigatriers@hotmail.com)

Rafael Ramos Ribeiro

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (rafaelribeirin@gmail.com)

Rhogério Correia de Souza Araújo

Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (rhogerioc@gmail.com)

RESUMO

Planejar, projetar, gerir e executar obras com alta eficiência e inovação é um desafio que existe para o setor da construção civil a décadas. A evolução e utilização das tecnologias dentro desses processos, tem se destacado como um importante fator na geração de melhorias nos processos construtivos. Os equipamentos tecnológicos responsáveis por isso, passam a deixar de ser facultativos, e se tornam objetos essenciais para produtividade das empresas e conseqüentemente para que se mantenham competitivas no mercado. Além disso, ao serem inseridos por todas as fases de construção, demonstram significativa melhora no conforto do trabalhador e aumento de sua segurança ao executar tarefas, além de melhor comunicação entre equipes interdisciplinares, o que gera resultados surpreendentes. Este trabalho tem por objetivo elucidar as características destes aparatos tecnológicos e seus benefícios para o setor ao serem integrados, destacando a importância de um bom planejamento para que estes tenham o rendimento ideal após sua implementação, resultando em lucros aos gestores e aumentando a qualidade do empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Processos Construtivos. Equipamentos. Tecnologia. Produtividade.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia é uma ferramenta fundamental a todos os tipos de atividades realizadas pelo ser humano nas últimas décadas. Na Engenharia Civil não é diferente, sob constante evolução e movida pelo uso de novas tecnologias, de acordo com Tullio (2019), surgem novos materiais, novas metodologias, viabilizando construções mais complexas e tendo como resultado maior produtividade nos canteiros de obras, trazendo impactos sociais e ambientais relevantes.

Ainda de acordo com Tullio (2019), o uso de equipamentos tecnológicos com softwares cada vez mais sofisticados, no controle e planejamento de obras, têm permitido a antecipação de diversas situações que poderiam impactar negativamente na execução das obras ou seu uso final, oportunizando seus gestores a tomada de decisões antes mesmo que elas ocorram, permitindo também prevenir possíveis acidentes.

Através desse preposto, serão levantados neste trabalho, dados e informações relativos à introdução de equipamentos tecnológicos nos processos construtivos em engenharia civil ao longo dos anos que corroboram com a produtividade, a segurança, o desenvolvimento sustentável, a eficiência energética, assim como os impactos positivos e negativos desta inserção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DE OBRA E CRONOGRAMA

2.1.1 Planejamento Técnico

Um dos principais fatores que influenciam em um empreendimento da construção civil é o planejamento, todos os efeitos levam à questão se os recursos disponíveis são suficientes para concluir a obra, ou se ela possui uma viabilidade econômica. De acordo com Varalla (2003) o planejamento é um processo de previsão de decisões, que englobam o estabelecimento de metas e a definição dos recursos necessários para atingi-las.

Também pode ser definido como estudo antecipado de determinados cenários ou atividades definindo os objetivos a serem atingidos e identificando também, os meios para chegar ao mesmo. Na construção civil o planejamento tem como objetivo garantir a rapidez na obra e qualidade em toda execução, prevendo e evitando possíveis problemas que possam ocorrer durante o processo, além de influenciar diretamente nos custos de execução vendo sua viabilidade técnica e econômica.

2.1.2 Projeto

Sabe-se que a fase de projeto é fator de desempenho determinante em um empreendimento de construção civil, mais que isso, ele determina grande parte das possibilidades de ganhos financeiros durante sua construção, por meio da redução de desperdício, métodos e patologias construtivas e soluções de engenharia (MORAES, 2012).

De acordo com Moraes (2012), é comum a prática de desenvolvimento do projeto desassociado da atividade de produção. Ele é frequentemente considerado um fator isolado no desenvolvimento de um empreendimento, desconsiderando seu tempo mínimo de execução, custo e importância no aspecto das importantes definições que deveriam ser consideradas na fase de projeto e acabam sendo postergadas durante a execução da obra.

Dentro de um planejamento, é imprescindível que os projetos estejam sempre correlacionados entre si, deixando as etapas construtivas bem definidas para que se possa prever e evitar interrupções e problemas inesperados por falta de relação entre as etapas.

2.1.3 Orçamento

Orçamento pode ser definido como o ato de orçar, que é a quantificação de insumos, mão de obra e equipamentos necessários para a realização de um empreendimento ou serviço, além dos custos, também é levado em consideração os tempos de duração. Ele pode ser observado em duas óticas: como processo e como produto.

A análise na ótica de processo deve ser realizada quando é definido metas em termos de custo, faturamento e desempenho, onde há participação na elaboração e comprometimento na realização do empreendimento de toda a empresa.

Como produto, o custo é definido em decorrência do preço dos produtos de determinada empresa, sendo relacionadas à construção ou realização de qualquer outro serviço.

O orçamento, segundo Limmer (1996) pode ser visto como a determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, a partir de um plano de execução prévio, onde os gastos são traduzidos de maneira quantitativa.

3 TECNOLOGIA NO PROCESSO CONSTRUTIVO

3.1 HISTÓRICO

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica, trouxe diversas mudanças para todos os setores da sociedade moderna, a construção civil não ficou de fora desse processo e cada vez mais passa a fazer uso desses recursos no sentido de facilitar e acelerar o processo produtivo do setor no sentido de oferecer serviços e produtos com qualidade e segurança (GOMES, 2002).

Segundo dados do IBGE, em 2021, o PIB da Construção Civil cresceu 9,7% em relação a 2020, o que representa o maior crescimento anual do setor desde 2010. Os números retratam, ainda, o papel decisivo da Indústria da Construção para o crescimento geral do PIB brasileiro, que foi de 4,6% no ano anterior (ABRAINC, 2022). Sendo um dos setores mais importantes para economia do país e um grande gerador de postos de trabalho, sua iminente expansão no cenário atual evidencia a necessidade de inserção de recursos tecnológicos no intuito de se adaptar a novos cenários e novas situações, gerando resultados cada vez mais satisfatórios.

3.2 IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA

Viotti (2003) define que "ciência, tecnologia e inovação são elementos chave para o crescimento, a competitividade e o desenvolvimento de empresas, indústrias, regiões e países", destacando o quanto estes atributos afetarão no futuro a qualidade de vida da população em geral, tendo como forte tendência a integração entre Ciência, Tecnologia e Inovação.

Segundo Campestrini (2015), no setor da construção civil, a cada dia surgem novas soluções em métodos, ferramentas, processos, conceitos, entre outros, e cabe às construtoras utilizá-las à medida do possível para conseguirem se manter competitivas, obtendo resultados mais satisfatórios e gerando melhor seus empreendimentos.

3.3 TECNOLOGIA NA FASE DE PROJETO

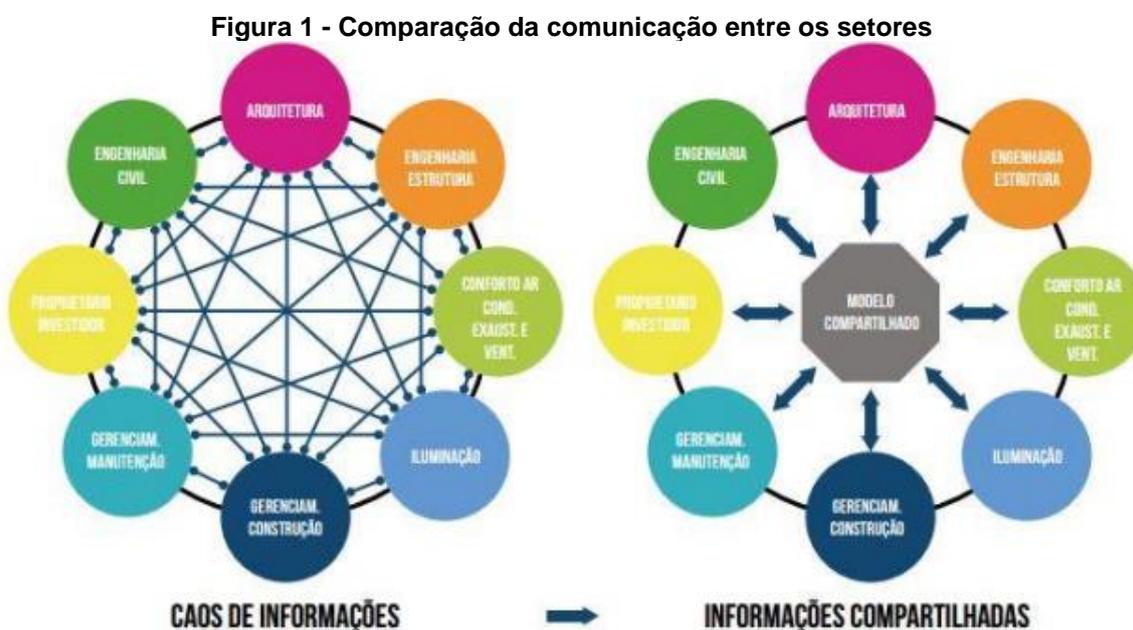
Nesse cenário, as inovações com planejamento e projeto contendo prazos pré-determinados, além de garantir a entrega dentro do cronograma estipulado, assegura a qualidade do serviço.

Uma das ferramentas tecnológicas mais importantes atualmente no que diz ao respeito a fase de planejamento e gestão, onde o projeto é fator preponderante, são as plataformas BIM. viotrolli (2019), afirma que a plataforma BIM atualmente é uma das ferramentas mais utilizadas por engenheiros civis, pois ela facilita a convergência de projetos, já que compreende as partes de elétrica, hidráulica, fundações, disposição de ambientes e arquitetura da obra.

Um modelo na plataforma BIM pode ser usado para diversos propósitos, dos quais se encontram: visualização e renderização 3D; desenhos para fabricação; análise dos requisitos legais do projeto; estimativa de custos; sequenciamento da construção; detecção de interferência; análises de simulações e conflitos; e gestão e operação das edificações (AZHAR, 2011).

Esta ferramenta traz benefícios desde a fase de concepção do empreendimento até a operação, já que possibilita uma visualização mais precisa do projeto, correções automáticas das mudanças feitas nele, geração automática dos desenhos 2D, compatibilização das diversas disciplinas do projeto, extração automática dos quantitativos, sincronização com as fases de execução e melhor gerenciamento e operação das edificações (EASTMAN et al., 2014).

A metodologia BIM tem como proposta a integração de todo o ciclo construtivo, agregando informações e gerando clareza e soluções para projetistas e executores, proporcionando melhor comunicação entre a equipe. Levando em conta as diferentes frentes de atuação dos envolvidos, o mercado de softwares BIM vem oferecendo, cada vez mais, opções de plataformas que são capazes de otimizar processos, como: a modelagem e comunicação colaborativa entre os agentes da construção (ZIMERMANN, 2019). A figura 1 a seguir demonstra a comparação entre o caos de informações entre os setores durante elaboração de um projeto; e do outro lado a melhora da comunicação dos setores através de um modelo compartilhado, geradas com o auxílio da tecnologia, proporcionando melhores resultados.



Fonte: Catelani (2016)

3.4 TECNOLOGIA PRESENTE NA EXECUÇÃO DA OBRA

Além da importância de tecnologias para gerir e planejar um empreendimento na construção civil, existem outras ferramentas tecnológicas e produtos modernos que auxiliam na execução da obra propriamente dita, sejam essas buscando mais eficiência, corrigir falhas de planejamento acerca de prazos, ou até mesmo para buscar estudos aprofundados durante a execução que possam acompanhar as informações já existentes, fornecidas durante a fase de projeto e que não estejam ocorrendo de acordo com o planejado. O conjunto de alternativas inovadoras na engenharia civil está relacionado com a capacidade prestada, o nível de serviço e as características físicas da infraestrutura.

Entre tecnologias já difundidas e comumente vistas na construção civil, está a argamassa projetada, que é semelhante a convencional, já que a produção da argamassa e execução das camadas do sistema de revestimento do edifício são as mesmas, porém a sua aplicação é feita através de projetores de argamassa. Segundo o artigo *Projetando o Futuro* (2006) da revista *Téchne* os equipamentos de projeção de argamassa mais utilizados no Brasil são: os projetores com recipientes acoplados e os projetores com bomba. Os projetores com bomba trazem maior produtividade e uniformidade na aplicação, já os com recipiente acoplados minimiza as interferências humanas e agiliza o processo de revestimentos. A figura 2 demonstra a execução de argamassa projetada utilizando os projetores com recipientes acoplados.

Figura 2 - Aplicação de argamassa utilizando o projetor com recipiente acoplado



Fonte: *Projetando o futuro* (2006)

Outra tecnologia que surge como um grande avanço na construção civil é o concreto autoadensável. Este surge como um avanço que pode substituir o concreto convencional, para situações em que este não obtenha resultados satisfatórios, sob determinadas características (OLIVEIRA et al.,2018). Tutikian e DalMolin (2008) afirmam que todas as vantagens do uso desse concreto em relação ao concreto convencional são notadas quando a mistura se encontra no seu estado fresco. Pois, ao endurecer, as características desses dois tipos de concretos são as mesmas, sendo que, a distinção está nos seus componentes e proporções utilizadas durante a dosagem.

O concreto autoadensável possui uma grande deformabilidade no estado fresco, ou seja, pode ser moldado facilmente nas mais diversas formas sob a ação da gravidade.

Esta propriedade permite que este tipo de concreto percorra até dez metros de distância horizontal, mesmo em situações onde existam obstáculos no caminho (TUTIKIAN e DALMOLIN, 2008). A figura 3 representa uma situação em que os arcos de uma estrutura são compostos por esse tipo de concreto.

Figura 3 - Estrutura composta por arcos executados em concreto autoadensável



Fonte: Walraven (2005)

Quando se trata de equipamentos de construção nesta nova era da indústria tecnológica, as ferramentas mais proeminentes, de acordo com o estudo, são robôs, veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou drones. Em termos de novas tecnologias, os japoneses ocupam o primeiro lugar em pesquisas na área, mas devido à falta de recursos humanos nesta área, são obrigados a investir em tecnologias que possam substituir humanos nas construções, isso levou sua indústria de construção muito longe a um nível sem precedentes, onde os níveis de produtividade e a padronização dos serviços, principalmente por meio da adoção de sistemas construtivos relacionados em grande parte à indústria de transformação, reduzem significativamente a quantidade de trabalho realizado em obra (BALAGUER; ABDERRAHIM, 2008).

Outro procedimento novo na construção civil, auxiliado por equipamentos tecnológicos da nova era, é a Termografia Infravermelha (TI) que se constitui na percepção da radiação infravermelha emitida por um corpo através de um aparelho que detecta e assimila esse tipo de transferência de calor (radiação). Desta forma torna-se possível a análise com precisão de algumas manifestações patológicas que ocorrem nas construções (MEDEIROS, 2010).

3.5 INOVAÇÕES PRESENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As tecnologias supracitadas, como a termografia infravermelha, os VANTs (ou drones), e as tecnologias vestíveis, por se tratarem de tecnologias mais inovadoras, serão tratadas de maneira mais efetiva nesta etapa, no intuito de elucidar o enorme impacto que estas estão causando ao setor.

3.5.1 Drones

Segundo o artigo publicado pelo site Espaço do Drone, em 2020, os drones são veículos aéreos não tripulados, também conhecidos como VANTs, que são controlados remotamente por um controle remoto chamado RPA (Remotely Piloted Aircraft), em

português (Aeronave Remotamente Pilotada). Existem também modelos mais avançados que podem ser controlados por um computador.

Ainda de acordo com este mesmo artigo, os drones são capazes de proporcionar ao seu operador um amplo campo de visão, fotografias e vídeos de alta resolução, além de acesso a áreas remotas. Ao selecionar um drone entre os modelos existentes é recomendado estar atento a algumas características do aparelho como aplicabilidade, desempenho, bateria, resistência e funcionalidade da aeronave (ESPAÇO DO DRONE, 2020). Este mesmo exemplar afirma que, dentre os diversos formatos desta ferramenta existem três tipos de categorias mais comuns no mercado, que estão representadas no quadro 1. Podendo ser melhor visualizada através da figura 4.

Quadro 1 - Classificação de tipos de drones

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
DRONE DE ROTOR ÚNICO	Os drones desta categoria possuem hélice, ideal para voar onde é necessário pairar, além de garantir voos longos. Esses drones são tão pequenos que podem ser presos com os dedos, ou seja, entre o dedo indicador e o polegar.
DRONE MULTIRROTOR	Esta categoria possui diversos rotores para movimentar suas hélices e manobrar o aparelho, estes geralmente são usados para mapeamento.
DRONE DE ASAS FIXAS	Os drones de asa fixa fazem voos mais longos devido a resistência de sua bateria. Devido ao design da aeronave, promove maior estabilidade durante os voos e, por segurança, a aeronave possui um sistema de recuperação caso houver perda de energia

Fonte: Adaptado de Espaço do Drone (2020)

Figura 4 - Drone Multirrotor



Fonte: Instituto Minere (2019)

Segundo Gouveia et al. (2021), os VANTs inicialmente foram criados para fins militares, mas seus modelos eram grandes e robustos, os modelos com tecnologia mais avançadas foram usados entre 2008 e 2012 em ataque aéreos por militares americanos e existem modelos mais compactos e com design moderno, que são utilizados com a finalidade de recreação ou para atividades cinematográficas.

Estes autores ainda afirmam que, na construção civil, esse dispositivo é visto como complementos e verdadeiros aliados, fornecendo imagens variadas a partir de diferentes ângulos para relatórios técnicos, auxiliando no levantamento topográfico e mapeamento de áreas, na verificação de danos estruturais, na inspeção de telhados, além de poder apoiar a equipe de marketing e vendas. Além disso, os drones com sensor infravermelho fornecem registros que podem ser usados nos softwares CAD ou BIM, e com profissionais qualificados reduzem o tempo de confecção de projetos (GOUVEIA et al., 2021).

O uso de drones auxilia no levantamento de dados que competem desde a infraestrutura, seja esta executada em concreto armado ou estrutura metálica, fornecendo imagens detalhada, identificando possíveis patologias ou pontos de solda dispostos incorretamente, e com o auxílio da termografia infravermelha, coletar imagens com níveis de detalhes que podem exibir a diferença de radiação térmica em partes da instalação elétrica, coletando dados que ajudam na manutenção da mesma (GOUVEIA et al., 2021).

3.5.2 Termografia Infravermelha

A termografia infravermelha (TI) inclui a captura de imagens térmicas, invisíveis ao olho humano, através de uma câmera termográfica. As imagens infravermelhas devem ser acompanhadas por medições térmicas precisas para poder refletir a situação real do objeto. A análise dos dados obtidos pela inspeção por imagem térmica é essencial e deve ser baseada em conhecimento adquirido na formação profissional e aliado à experiência através dos anos (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2010).

Seguindo ainda nesta linha, os autores afirmam que as inspeções termográficas infravermelhas são realizadas principalmente usando câmeras de imagem térmica e alguns equipamentos auxiliares, conforme o caso, por exemplo, como um termômetro de contato (para permitir a determinação da emissividade) ou bolômetro térmico (para analisar o ambiente circundante). (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2010). Estes equipamentos estão representados na figura 5, a seguir.

Figura 5 - Câmera termográfica FLIR, termômetro de contato e medidor de radiação

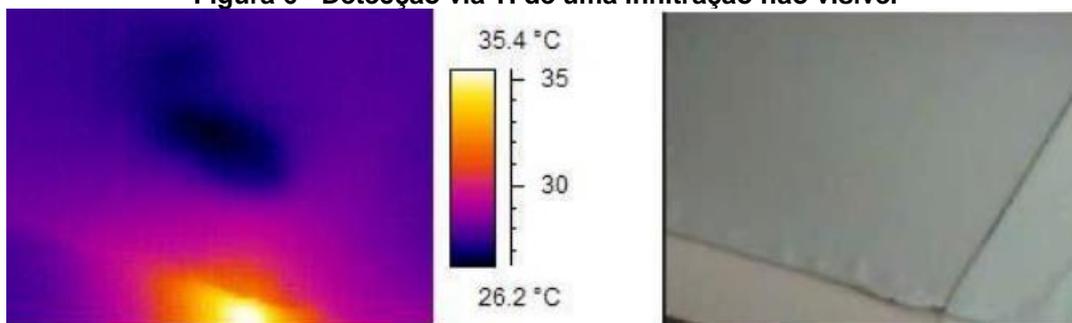


Fonte: MENDONÇA; AMARAL; CATARINO (2010)

Ao avaliar sistemas de construção civil usando termografia infravermelha, assume-se que materiais com descontinuidades apresentam fluxo de calor não uniforme. Essa diferença de fluxo de calor pode ser percebida na superfície do material por TI, mostrando diferenças locais que podem estar relacionadas a anomalias ou descontinuidades no sistema (CORTIZO, 2007).

A figura 6 de Mendonça, Amaral, Catarino (2010), demonstra a ocorrência deste fenômeno, onde há ocorrência de infiltração, que poderia ser indetectável sem o auxílio deste equipamento.

Figura 6 - Detecção via TI de uma infiltração não visível



Fonte: MENDONÇA; AMARAL; CATARINO (2010)

Mendonça, Amaral, Catarino (2010, p. 6) sustentam que as aplicações da TI em edifícios são diversas, ao qual se referem algumas, a título de exemplo:

- Detecção de infiltrações ou fugas de água;
- Detecção de fendas estruturais;
- Detecção de vazios no interior do betão;
- Detecção de corrosão de armaduras;
- Localização de redes interiores;
- Análise térmica dos edifícios;
- etc.

Segundo Cortizo, Barbosa e Souza (2011), embora a tecnologia esteja amplamente disseminada em vários países europeus, graças a seus grandes acervos históricos, no Brasil seu uso é relativamente novo, seja devido ao alto custo dos equipamentos analíticos, seja devido à sua dificuldade de aplicação prática.

3.5.3 Tecnologias Vestíveis

Partindo da visão de tecnologias modernas e inovadoras, surge também a tecnologia *wearable*, ou seja, tecnologia vestida pelo usuário, como o capacete inteligente Daqri Smart Helmet, capaz de exibir no campo de visão do usuário projeções 3D contendo informações e detalhes da obra com base no projeto BIM desenvolvido, e o uso de óculos inteligentes que permitem ao usuário acesso rápido a manuais, instruções e até suporte remoto, ficando com as mãos livres para realizar as tarefas sem perder o foco (OESTERREICH; TEUTBRG, 2016). Uma dessas ferramentas pode ser vista através da figura 7.

Figura 7 - Capacete com sensor



Fonte: PLANSERVICE (2017)

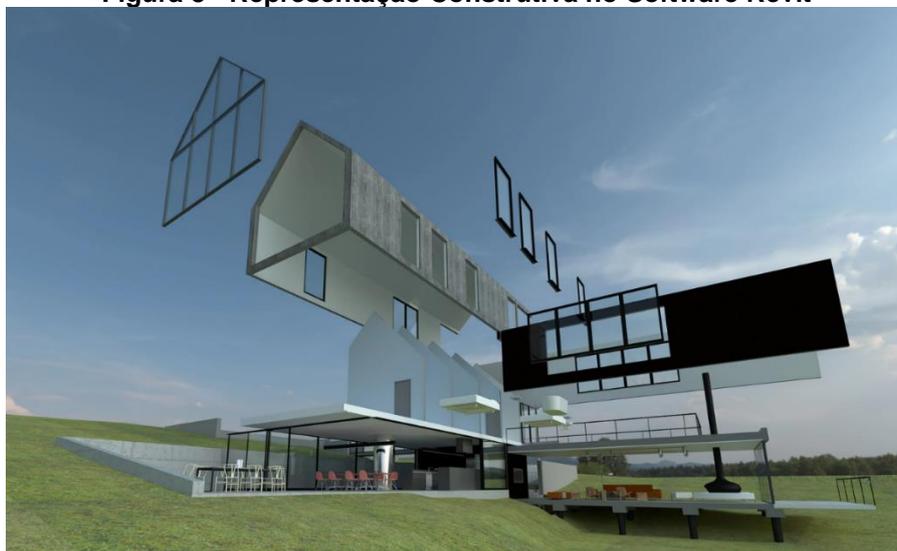
Outro exemplo de tecnologia vestível são os sensores vestíveis. Esses dispositivos podem ser instalados nas roupas, capacetes e acessórios dos trabalhadores e máquinas para ganhos de segurança. Em outras palavras, os sensores podem detectar e avisar sobre uma série de situações de risco e perigo, como um relógio com um sensor que pode detectar a temperatura corporal do usuário, soar um alarme em situações de alta temperatura para evitar exaustão pelo calor, ou um sensor que pode detectar níveis de substâncias tóxicas, como monóxido de carbono, alertando os usuários para concentrações perigosas (FORSYTHR et al., 2012).

A tecnologia vestível no Brasil é relativamente recente, entretanto, promete resultados promissores na construção civil. Pesquisas norte-americanas apontam que sensores vestíveis podem aumentar a satisfação no local de trabalho em 3,5% e aumentar a produtividade de seus usuários em 8,5%. Lá, as empresas já utilizam os sensores inteligentes nas roupas dos trabalhadores para melhorar a segurança (PLANSERVICE, 2017).

3.6 FUNCIONALIDADE DE SOFTWARES

O *software* abordado nesta pesquisa, selecionado devido sua interoperabilidade, por fazer parte do BIM, e principalmente por ser um dos programas mais utilizados neste sistema, foi o Revit, da desenvolvedora Autodesk.

Figura 8 - Representação Construtiva no Software Revit



Fonte: AUTODESK (2022)

Segundo a AustoDesk (2022), desenvolvedora do software Revit, a ferramenta tem por preceito ajudar as equipes de arquitetura, engenharia e construção a criar construções e infraestruturas de alta qualidade (como pode ser visto através da figura 8 acima) e pode ser usado para:

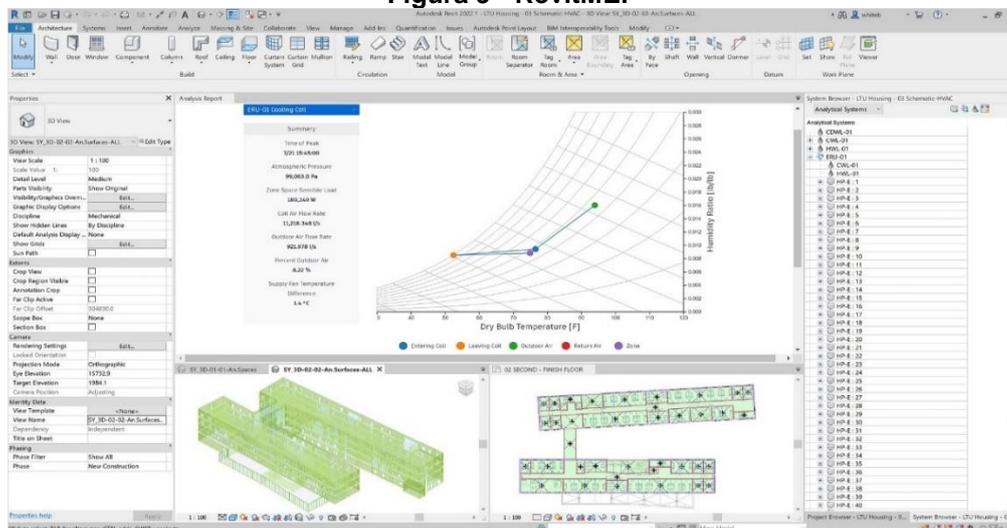
- Modelar formas, estruturas e sistemas em plano tridimensional com exatidão, precisão e facilidade paramétricas;
- Simplificar o trabalho de documentação, com revisões instantâneas em plantas, elevações, tabelas e seções à medida que os projetos são transformados;
- Capacitar equipes multidisciplinares com conjuntos de ferramentas especializadas e um ambiente de projeto unificado.

Por possuir múltiplas funções, o *software*, como parte do BIM, deixa de ser apenas uma ferramenta de modelagem 3D e passa a ser um sistema que compreende a todas as

fases da construção, englobando também a sustentabilidade e operação da edificação, onde passa a ser denominado como BIM 7D (HAMED, 2015).

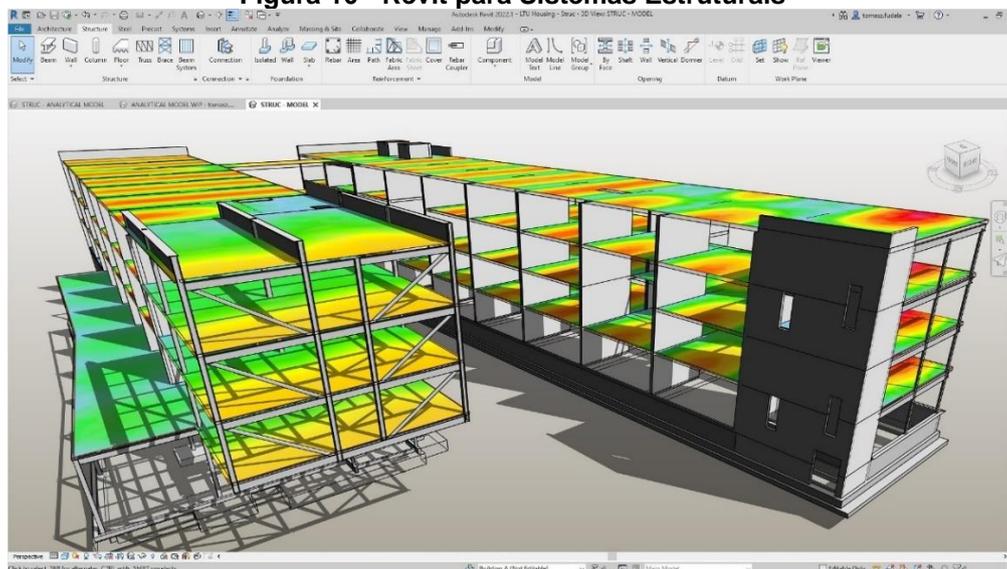
O Revit dispõe de recursos multidisciplinares e oferece variantes específicas como o Revit Architecture (para projeto arquitetônico), o Revit Structure (para projetos estruturais) e RevitMEP (para projetos de instalações complementares) (PITTIGLIANI, 2018). As figuras 9 e 10 dispõem de dois exemplos destes.

Figura 9 - RevitMEP



Fonte: Autodesk (2020)

Figura 10 - Revit para Sistemas Estruturais



Fonte: Autodesk (2020)

4 ESTUDO DE CASO

4.1 APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO

Este estudo consiste em abordar o uso de 4 tecnologias, que futuramente possam vir a ser utilizadas em diferentes etapas de uma obra. O mesmo tem como base demonstrar em quais etapas do projeto as tecnologias apresentadas ao longo deste trabalho poderiam

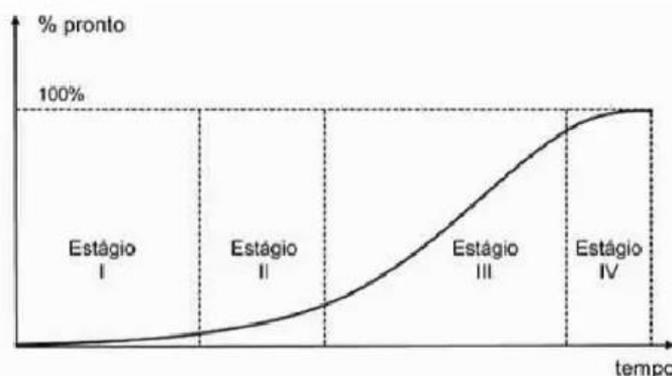
ter sido aplicadas, tendo como base um modelo de construção que será apresentado logo adiante.

Propõe-se através desse estudo a sugestão do uso de tecnologias consideradas ferramentas estratégicas para um processo construtivo civil com base nas boas práticas adotadas nos processos manuais e nas percepções observadas em momentos vividos nos estágios acadêmicos, presenciados pelos acadêmicos que formam esse grupo de pesquisa.

O cenário de construção será baseado em um modelo construtivo de residência unifamiliar de pequeno porte. Onde foram separadas em etapas as fases de execução da mesma, com base no que cita o autor Mattos no livro Planejamento e Controle de Obras (2010), que define os estágios do ciclo de vida de um projeto.

É necessário estabelecer estratégias para que se consiga alcançar o propósito final dentro de um empreendimento de engenharia. Cada estágio do ciclo de vida de um projeto precisa ser executado com tempo suficiente para atingir seus objetivos (MATTOS, 2010). Conforme mostra a figura 11, o ciclo de vida de um empreendimento compreende vários estágios, sendo eles:

Figura 11 - Ciclo de vida do Projeto



Fonte: Planejamento e controle de obras (2010).

A forma da curva demonstra o típico desenvolvimento dos projetos, vagaroso na fase de início, rápido na fase de execução e lento na conclusão do projeto.

4.2 TECNOLOGIA BIM APLICADA AOS ESTÁGIOS 1 E 2

Nos quadros 2 e 3 abaixo, temos a definição dos estágios 1 e 2 dentro de um projeto, de acordo com Mattos (2010):

Nas etapas contempladas no estágio 1 e 2, recomenda-se a utilização das plataformas BIM como tecnologia.

Para isso foi escolhido o programa Autodesk Revit. O programa permite realizar o orçamento da obra e criar tabelas de levantamento de custos de materiais e trabalho, no entanto é necessário que se modele todo o projeto nele, pois o método BIM consiste em integrar todas as etapas de um projeto em uma única ferramenta (NASCIMENTO JUNIOR, 2018).

O desenho da planta baixa deve ser feito no Revit para poupar tempo, pois os custos já são calculados no próprio programa de forma quase automática a partir das dimensões do edifício desenhado, demonstrado através da figura 12.

Quadro 2 - Concepção e viabilidade de um empreendimento (Adaptado)

ESTÁGIO I – CONCEPÇÃO E VIABILIDADE	
Definição do escopo	Processo de determinação do programa de necessidades, isto é, as linhas gerais do objeto a ser projetado e construído;
Formulação do empreendimento	Delimitação do objeto em lotes, fases, forma de contratação etc.;
Estimativa de custos	Orçamento preliminar por meio da utilização de indicadores históricos;
Estudo de viabilidade	Análise de custo-benefício, avaliação dos resultados a serem obtidos em função do custo orçado, determinação do montante requerido ao longo do tempo;
Identificação da fonte orçamentária	Recursos próprios, empréstimos, linhas de financiamento, solução mista;
Anteprojeto Projeto básico	Desenvolvimento inicial do anteprojeto, com evolução até o projeto básico, quando já passa a conter os elementos necessários para orçamento, especificações e identificação dos serviços necessários.

Fonte: Planejamento e Controle de Obras (2010)

Quadro 3 - Detalhamento do projeto e do planejamento (Adaptado)

ESTÁGIO II – DETALHAMENTO DO PROJETO E DO PLANEJAMENTO	
Orçamento analítico	Composição de custos dos serviços, com relação de insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar;
Planejamento	Elaboração de cronograma de obra realista, com definição de prazos e marcos contratuais;
Projeto básico & Projeto executivo	Detalhamento do projeto básico, com inclusão de todos os elementos necessários à execução da obra.

Fonte: Planejamento e Controle de Obras (2010)

Uma das mais relevantes características do BIM é a de que, quando uma planta baixa é desenhada, todas as outras vistas são feitas simultaneamente, e qualquer alteração em uma vista é feita em todas as vistas.

Depois de concluir o projeto e realizar a aplicação do material (junto com as informações apropriadas), uma tabela de quantificação pode ser gerada e um levantamento de material, conforme seguem as figuras 13 e 14.

Figura 12 - Vista 3D Revit



Fonte: BAZANELLI (2020)

Figura 13 - Criação de tabelas no Revit



Fonte: NASCIMENTO JUNIOR (2018)

Sendo possível customizar, os campos da tabela podem ser adicionados e removidos com base no projeto. Para a geração de quantitativos, o processo é automático. Uma vez finalizado, o modelo arquitetônico fornece quantidades precisas para todos os materiais e objetos do projeto, que podem ser utilizados para fins quantitativos e normativos. Para extrair uma tabela quantitativa, basta saber o nível de detalhamento necessário (NASCIMENTO JUNIOR, 2018).

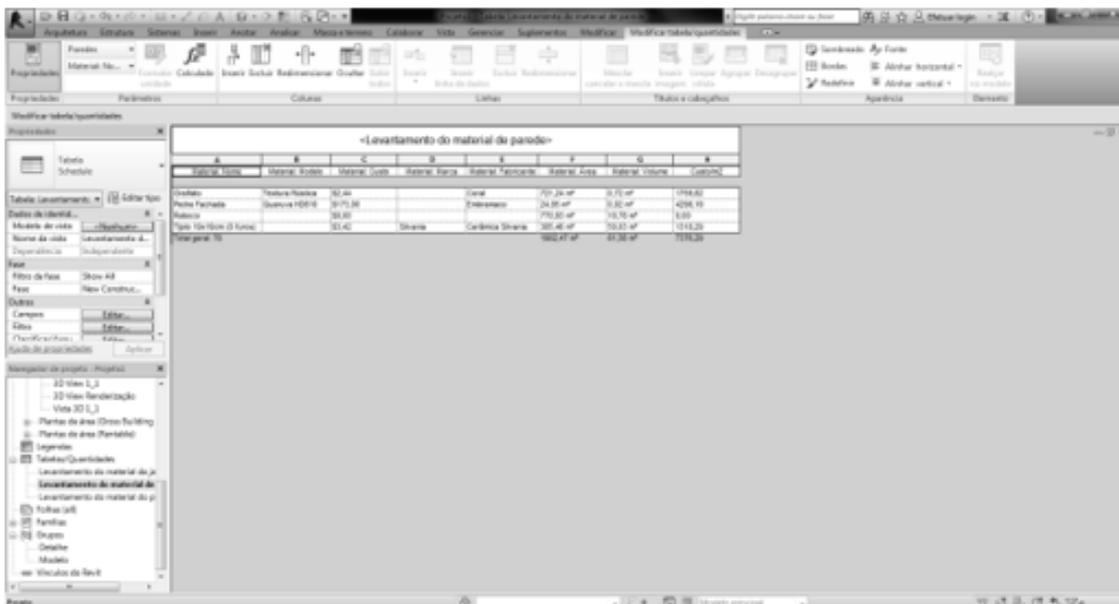
Diante da análise realizada partindo do estudo de Nascimento Junior (2018), foi verificada a rapidez do processo de quantificação, assim como outras inúmeras vantagens da utilização do BIM como ferramenta de gestão.

Ainda de acordo com este mesmo autor, realizando o projeto no Revit, todas as etapas serão integradas e a partir da planta os dados serão levantados automaticamente, proporcionando diversos benefícios, destacando-se entre eles:

- Precisão de planilhas;
- Orçamentos realistas;
- Planejamento global;

- Maior controle sobre os projetos desenvolvidos e racionalização da construção;
- Estudos de viabilidade mais realistas desde os projetos básicos.

Figura 14 - Levantamento de Material no Revit



Fonte: NASCIMENTO JUNIOR (2018)

4.3 TECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTÁGIO 3

4.3.1 Argamassa Projetada

No quadro 4 abaixo, temos a definição do estágio 3 dentro de um projeto segundo Mattos (2010):

Quadro 4 – Estágio de Execução (Adaptado)

Estágio III - Execução	
Obras civis	Execução dos serviços de campo, aplicação de materiais e utilização de mão de obra e equipamentos;
Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias	Atividades de campo;
Controle da qualidade	Verificar se os parâmetros técnicos e contratuais foram observados;
Administração contratual	Medições, diário de obras, aplicação de penalidades, aditivos ao contrato etc.;
Fiscalização de obra ou serviço	Supervisão das atividades de campo, reuniões de avaliação do progresso, resolução de problema, etc.

Fonte: Planejamento e Controle de Obras (2010)

Nas etapas contempladas no estágio 3, recomenda-se o uso da argamassa projetada e também os sensores vestíveis como tecnologias propostas com base no modelo de construção supracitado.

Por que utilizar argamassa projetada?

Na fase de revestimento da construção, com uso da argamassa projetada, pode-se obter as seguintes vantagens conforme o quadro 5:

Quadro 5 - Vantagens da argamassa projetada (Adaptado)

VANTAGENS DO USO DA ARGAMASSA PROJETADA	
1	Rapidez de execução, redução de prazos;
2	Produtos de maior qualidade através de um melhor controle da produção de argamassa industrial e uniformidade de aplicação resultam em revestimentos superiores;
3	Sustentabilidade por reduzir o desperdício de materiais;
4	Produtividade por se tratar de um processo mecanizado com produção e execução mais tranquilas

Fonte: ABCP (2012)

Os sistemas de projeção da argamassa na fase de revestimento geram economia de mão de obra e menor desperdício de material, tanto na aplicação, em razão da maior produtividade, quanto no sarrafeamento do emboço, devido à realização de parte desta etapa com a argamassa ainda fluida, que compreende o intervalo logo após a aplicação. Colaborando também com o cumprimento do cronograma de obra e evitando atrasos, gerando assim maior lucratividade para as construtoras (MAPA DA OBRA, 2018).

As principais vantagens do uso da argamassa projetada em relação à argamassa aplicada pelas técnicas tradicionais são: maior qualidade no produto final, pois o maior controle na produção de argamassas industrializadas e a uniformidade nas aplicações resultam em revestimentos superiores; além de racionalidade, por conta de canteiros mais limpos, facilidade de recebimento de materiais; sustentabilidade por reduzir o desperdício de materiais e absenteísmo (ABCP, 2012).

Por fim compreende-se que a projeção de argamassa na fase de revestimentos, possui uma forma mais eficiente, ágil e de qualidade superior, se comparada à aplicação tradicional.

4.3.2 Tecnologias Vestíveis

Durante toda fase de execução da obra, as tecnologias vestíveis trazem os seguintes objetivos conforme o quadro 6.

Utilizando tais tecnologias durante toda a fase de execução da obra, constata-se que elas proporcionam maior segurança e melhores condições de trabalho dentro do canteiro de obras. Visto que, em sua grande maioria são destinadas as EPIs. Outro benefício de sua utilização está na melhora de performance de usuário, já comprovados por pesquisas citadas neste trabalho.

Quadro 6 - Funções das Tecnologias Vestíveis (Adaptado)

FUNÇÕES DA TECNOLOGIA VESTÍVEIS	
Capacete Sensorial	Monitorar qualquer impacto que acontece no capacete e proporcionar mais rapidez, eficiência e segurança para o trabalhador.
Pulseira Myo	Monitorar a temperatura corporal com o objetivo de evitar exaustão térmica e sendo eficiente na identificação de qualquer queda súbita de temperatura ou batimento cardíaco.
Colete de Segurança Redpoint	Diminuir a taxa de acidentes que estão relacionados a exposição direta e excessiva ao sol e de altas temperaturas que intervêm de uma obra.
Óculos Inteligentes	Melhorar a eficiência da gestão através de monitoramentos dos trabalhadores, além de detectar e localizar os problemas específicos que atrapalham a produtividade.

Fonte: Aguiar (2018)

4.4 DRONES APLICADOS AO ESTÁGIO 4

No quadro 7 abaixo, tem-se a definição do estágio 4 dentro de um processo construtivo, segundo Mattos (2010):

Quadro 7 - Estágio de Finalização (Adaptado)

Estágio IV- Finalização	
Comissionamento	Colocação em funcionamento e testes de operação do produto final;
Inspeção final	Testes para recebimento do objeto contratado;
Transferência de responsabilidades	Orçamento preliminar por meio da utilização de indicadores históricos;
Liberação de retenção contratual	Caso a empresa contratante tenha retido dinheiro da empresa executante;
Resolução das últimas pendências	Encontro de contas, pagamento de medições atrasadas, negociações de pleitos contratuais etc.;
Termo de recebimento	Provisório e definitivo

Fonte: Planejamento e Controle de Obras (2010)

Nas etapas contempladas no estágio 4, é altamente recomendado a utilização dos VANTs (ou drones), que possui diversas finalidades.

Como citado anteriormente, os drones são capazes de proporcionar ao seu operador um amplo campo de visão, além de fotografias e vídeos de alta resolução, sendo ainda vistos como complementos e verdadeiros aliados da equipe de marketing e vendas (GOUVEIA et al., 2021).

Para uma possível comercialização das residências, é proposto a utilização de drones para a realização de imagens para divulgação dos imóveis, visto que, segundo a RISMEDIA (2016), portal norte-americano, incorporadoras que utilizam drones em seus empreendimentos conseguem ver aumento de até 73% em suas listagens e de até 68% em suas vendas.

Ao utilizar drones para capturar imagens aéreas de listagens de imóveis, o comprador pode acessar um material mais preciso para os negócios de seu interesse. Fotos e vídeos de perspectivas diferentes e abrangentes que agregam mais valor ao imóvel. (SMARTUS, 2020)

Ainda de acordo com a Smartus (2020), a posição de um empreendimento no mercado imobiliário é um dos fatores que mais afeta o seu valor. Portanto, outra vantagem de usar drones para capturar imagens aéreas é que ele pode cobrir uma proporção maior do local da propriedade, ou seja pontos estratégicos ao redor da propriedade podem ser combinados e usados como argumento de venda. A figura 27 exemplifica a situação.

Figura 15 - Uso de Imagem Aérea para Comercialização



Fonte: AeroDrone Brasil (2022)

Portanto, após a análise das informações fica claro que a tecnologia do drone para comercialização de imóveis é bastante benéfica para aplicação, visto que tem uma conversão de vendas grande, através das imagens aéreas, onde trazem benefícios como o de venda mais rápido do imóvel e valorização do mesmo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, nota-se a importância de planejar e gerir um empreendimento em construção civil, obedecendo as etapas evidenciadas dentro de um cronograma bem elaborado.

Para isso, é necessário que as equipes de trabalho, independente das funções que ocupam, trabalhem de maneira conjunta, estando alinhados com o planejamento. À medida que o processo evolui nota-se uma competição contínua entre cronograma e cumprimento de prazos, na qual produzir no menor tempo possível é fundamental, ainda que seja necessário garantir a qualidade do empreendimento estando em conformidade com as necessidades dos clientes.

No intuito de assegurar que essa excelência durante o processo não seja perdida e ainda seja possível obter melhores prazos, ferramentas dotadas de altas tecnologias têm sido produzidas, sob a ótica de atender as necessidades desses profissionais, apresentando melhora na obtenção e compartilhamento de informações entre as equipes de trabalho, trazendo eficiência em todas as partes do processo, sendo notável os resultados obtidos. Cabe as construtoras utilizá-las sempre que possível, mantendo-se

competitivas num mercado que, como foi demonstrado via informações do IBGE, está em constante crescimento.

As tecnologias apresentadas além de se mostrarem altamente eficazes, como o BIM, que percorre todo o processo evolutivo do empreendimento e, por sua integração de todo o ciclo construtivo, gera clareza e soluções para projetistas e executores, oferecendo as empresas o suporte essencial que necessitam para lidar com as problemáticas que surgem em todas as frentes de atuação.

Outra tecnologia que se mostrou altamente impactante foram os VANTs, pois além de fornecerem registros que trabalham em conjunto com os *softwares* em BIM (como o Revit), auxiliam no levantamento de dados que competem desde a infraestrutura do edifício em levantamentos topográficos e mapeamento de áreas no início, como também na verificação de danos estruturais ou verificações de patologias no decorrer da execução, e até mesmo no fim, auxiliando as equipes de marketing através de imagens de alta resolução, podendo estas se posicionarem em posições privilegiadas de acordo com as necessidades do mercado.

Nota-se ainda, a relevância das ferramentas tecnológicas que competem a fase de execução, não apenas as que resultam em melhor produtividade e uniformidade de aplicação, mas principalmente as que trazem segurança a seus usuários e aumentam sua satisfação no local de trabalho, o que gera um aumento de produtividade a estes em 8,5%, segundo pesquisas norte-americanas. Além disso, ajudam a reduzir um triste índice registrado pela categoria, de acordo com a Associação Nacional de Medicina de Trabalho, de ser o primeiro colocado no ranking de ocupações que mais provocam acidentes que resultam na incapacitação do trabalhador.

Tendo em vista todos estes benefícios, confere-se a necessidade de empresas investirem nestas tecnologias e na capacitação de seus profissionais para utilizá-las, obtendo resultados que são necessários para manterem-se competitivas no mercado.

Por fim, conforme afirmou Steve Jobs (2015), “A inovação é o que distingue um líder de um seguidor”.

REFERÊNCIAS

ABRAINCO. **PIB da Construção Civil cresce 9,7% em 2021**. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/construcao-civil/2022/03/04/pib-da-construcao-civil-cresce-97-em-2021/#:~:text=Os%20resultados%20apontam%20que%20o,%2C6%25%20no%20ano%20passado>>. Acesso em: 11, maio de 2022.

AERODRONE BRASIL. **O uso de drone para o mercado imobiliário como diferencial**, 2022. Disponível em: <<https://www.aerodronebrasil.com/drone-para-o-mercado-imobiliario/#:~:text=O%20uso%20de%20Drone%20Para%20o%20Mercado%20Imobili%C3%A1rio%20como%20diferencial,uma%20nova%20experi%C3%Aancia%20de%20compra.>>> Acesso em: 12, maio de 2022.

AGUIAR, Edgar Oliveira Araujo. **Um Estudo De Automação Visando O Aumento De Produtividade Na Construção Civil** / Edgar Oliveira Araujo. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO. **Construção civil está entre os setores com maior risco de trabalho**.

<<https://anamt.org.br/portal/2019/04/30/construcao-civil-esta-entre-os-setores-com-maior-risco-de-acidentes-de-trabalho/>> Acesso em: 28 mar. 2022.

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo: ABCP, 2012, 104 f.)

AUTODESK. **Revit: software BIM para projetistas, construtores e desenvolvedores**. 2022. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>>. Acesso em: 11, maio de 2022.

AZHAR, S. Building Information Modeling – **BIM: Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**, ASCE Journal of Leadership and Management in Engineering. V11, n.3 p.242-243.

BALAGUER, Carlos; ABDERRAHIM, Mohamed. **Robotics and Automation in Construction: Trends in Robotics and Automation in Construction**. [s. L.]: Intech, 2008. 23p

BAZANELLI, N. **Projeto Residencial no Revit, 2020**. Disponível em: <<https://natanbazanelli.com/2020/03/21/projeto-residencial-no-revit/>>. Acesso em: 12, maio de 2022.

CAMPESTRINI, T.; GARRIDO, M, C.; MENDES JR, R.; SCHEER, S.; FREITAS, M, C, D. **Entendendo BIM: O livro**. Curitiba: UFPR, 2015. 51 p.

CATELANI, W. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1**. Brasília-DF. Gadioli Cipolla Branding e Comunicação. 2016.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em edificações do Patrimônio Histórico**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica. 2007

CORTIZO, E. C.; BARBOSA, M. P.; SOUZA, L. A. C. **Estado da Arte da Termografia. Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 158-193, 2011.

EASTMAN, C et al. **Manual BIM: um guia de modelagem da informação da construção por arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, p. 1-16-21, 2014).

ESPAÇO DO DRONE. **Tipos de Drones**. Espaço do Drone, 2020. Disponível em: <<http://espacododrone.com.br/tipos-de-drones/>>. Acesso em: 09, maio de 2022

FORSYTH, D. A.; PONCE, J. **Computer vision: a modern approach**. New Jersey: Pearson, 2012.

GOUVEIA, A, A.; DOS SANTOS, J, P.; DOS SANTOS, P, N.; LEITE, Y, G, S. **Tópicos em Construção Civil – Tecnologia, Inovação e Metodologias Aplicadas. Capítulo 7: Inovação Tecnológica na Construção Civil – Utilização de drone para gerenciamento de obra**. Editora Poisson. 1ª Edição, 2021.

GOMES, Maria Terezinha Serafim. **As mudanças no mercado de trabalho e o desemprego em Presidente Prudente/SP-Brasil**. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona, v. 6, n. 119, p. 32, 2002.

HAMED, L. **Bim do 3D ao 7D**. 2015. Disponível em <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 12, maio de 2022

INSTITUTO MINERE. **Os tipos de drone e a relação com mapeamento**, 2019. Disponível em: <<https://institutominere.com.br/blog/os-tipos-de-drone-e-a-relacao-com-o-mapeamento>>. Acesso em: 10, maio de 2022

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos de Obras**. Rio de Janeiro, 1996. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Pag.174.

MAPA DA OBRA. **Argamassa Projetada: Confirma os benefícios para construção**. 2018. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/negocios/argamassa-projetada-confirma-os-beneficios-para-construcao/>>. Acesso em: 11, maio de 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. Pini, São Paulo, 2010.

MEDEIROS, Giovana. **Métodos de Ensaios Não Destrutivos para Estruturas de Concreto**. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/metodos-de-ensaios-nao-destrutivos-para-estruturas-de-concreto/>>. Acesso em 05, maio de 2022

MENDONÇA, Luís Viegas; AMARAL, Miguel M. do; CATARINO, Pedro Soares. **A termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios**. Lisboa, 2010. Disponível em: <<http://www.spybuilding.com/private/admin/ficheiros/uploads/6b0dc a6c9e15cc51dc73bde0562a31d5.pdf>>. Acesso em: 09, maio de 2022

MORAES, Ana Beatriz G. M., ET AL. **Fatores críticos da gestão do processo de projetos na engenharia simultânea: um estudo de caso em obra de infraestrutura urbana**. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão: IBMEC, 2012.

NASCIMENTO JUNIOR, Idalicio Felipe do. **Estudo analítico do uso da plataforma BIM no gerenciamento de projetos com foco na área de levantamento de custos**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 52p. 2018.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. **Understanding the implications of digisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry**. Computers In Industry, [s.l.], v. 83, p.121-139, dez. 2016.

OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, M. **Estudo das Propriedades do Concreto Autoadensável**. Revista Científica de Engenharia Civil – UniEvangélica, Anápolis, 2018.

PITTIGLIANI, Renan. **Análise de Custos de Interferências de um Projeto Residencial Multifamiliar Modelado e Compatibilizado com o Auxílio de Ferramentas da Plataforma BIM**. 2018. 134 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

PLANSERVICE. **Sensores Vestíveis**. Disponível em: <<http://planservice.com.br/noticias/post/121-sensores-vestiveis>>. Acesso em: 09, maio de 2022

PROJETANTO O FUTURO. **Construtoras apostam no uso de projetores de argamassa para melhorar a produtividade e a qualidade dos revestimentos de fachada**. – Revista Técnica. Edição 110 – São Paulo 2006. – Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/110/artigo284995-1.aspx>>. Acesso em: 06, maio de 2022

RISMEDIA. **Drones for real estate marketing: are they worth it?** 2016. Disponível em: <<https://www.rismedia.com/2016/12/20/drones-real-estate-marketing/>>. Acesso em: 11, maio de 2022

SMARTUS. **Utilização de drones pode aumentar em até 68% vendas de imóveis**. Por: Luiza Bellintani. 2020. Disponível em: <<https://smartus.com.br/utilizacao-de-drones-pode-aumentar-em-ate-68-vendas-de-imoveis/>>. Acesso em: 12, maio de 2022.

TULLIO, Franciele Braga Machado. **Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2**. 2019. Atena editora, 2019. Disponível em: <<https://sistema.atenaeditora.com.br/index.php/admin/api/artigoPDF/10830>>. Acesso em: 01 nov 2021.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; DAL MOLIN, Denise Carpena. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: Pini, 2008.

VARALLA, R. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

VIOTTI, E. B. **Fundamentos e evolução dos indicadores de CT&I**. In E. B. Viotti, M. de M. Macedo (Org). Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil (pp. 45-87). Campinas: UNICAMP, 2003.

WALRAVEN, J. **Structural aspects of SCC**. In: Fourth International RILEM Symposium on Self-compacting concrete. Chicago, EUA, 2005.

ZAPAROLLI, D. **Canteiros de obra high tech**. Engenharia Inovação Tecnologia. Edição 278. abr. 2019

ZIMERMANN, C. **Softwares BIM: veja quais são as plataformas disponíveis no mercado**. AltoQI, 2019. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/softwares-bim-veja-quais-sao-as-plataformas-disponiveis-no-mercado/>>. Acesso em: 01, maio de 2022