



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PEDRO HENRIQUE FERNANDES MARTINS

**APLICAÇÃO DO MODELO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE
DOS IMPACTOS DA ADOÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA
INFORMATIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO.**

ANGICOS-RN

2021

PEDRO HENRIQUE FERNANDES MARTINS

**APLICAÇÃO DO MODELO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DOS
IMPACTOS DA ADOÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA INFORMATIZAÇÃO
DO PROCESSO CONSTRUTIVO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Multidisciplinar de
Angicos – CMA da Universidade Federal
Rural do Semi-Árido – UFERSA – Campus
Angicos para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof.Dr. Rafael da Costa Ferreira

ANGICOS-RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F345a Fernandes Martins , Pedro Henrique .
Aplicação do modelo BIM na construção civil:
análise dos impactos da adoção da realidade
aumentada na informatização do processo
construtivo / Pedro Henrique Fernandes Martins
. - 2021.
31 f. : il.

Orientador: Rafael da Costa Ferreira .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

1. Building Information Model. 2. Realidade
aumentada . 3. Realidade mista . I. , Rafael da
Costa Ferreira , orient. II. Título.

PEDRO HENRIQUE FERNANDES MARTINS

**APLICAÇÃO DO MODELO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DOS
IMPACTOS DA ADOÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA INFORMATIZAÇÃO
DO PROCESSO CONSTRUTIVO.**

Relatório final, apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi
Árido, como parte das exigências para a
obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Angicos, 20 de Maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA

RAFAEL DA COSTA
FERREIRA:0461349
2483

Assinado de forma digital
por RAFAEL DA COSTA
FERREIRA:04613492483
Dados: 2021.05.21
17:15:43 -03'00'

Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira (UFERSA)
Presidente

MARCUS VINICIUS SOUSA
RODRIGUES:70051852349

Assinado de forma digital por
MARCUS VINICIUS SOUSA
RODRIGUES:70051852349
Dados: 2021.05.23 19:01:56 -03'00'

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sousa Rodrigues
Membro Examinador

MARISTELIO DA CRUZ
COSTA:26129019491

Assinado de forma digital por MARISTELIO
DA CRUZ COSTA:26129019491
Dados: 2021.05.23 16:14:12 -03'00'

Prof. Dr. Maristelio da Cruz Costa
Membro Examinador

*Dedico esse trabalho aos meus
professores, colegas de faculdade,
amigos, família e acima de tudo, Deus.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado vida, saúde e inteligência para chegar até aqui, sem ele eu não seria nada. Sou eternamente grato por todos os benefícios que ele me concedeu.

Agradeço a toda minha família querida, principalmente aos meus pais Jailson Ovídio e Ezilda Maria, meu irmão João Lucas e minha linda namorada Marluce Medeiros pela paciência, compreensão, carinho e amor em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a todos meus amigos que me deram força, incentivo e determinação durante o período do curso, em especial a minha amiga Ingrid Tito.

Aos professores, por toda dedicação, conhecimento, disciplina e paciência durante todos esses anos.

Por fim, agradeço ao meu orientador Rafael pelo apoio, sabedoria, humildade e paciência para me guiar nessa trajetória.

A linguagem é uma ciência e uma arte, muito parecida com a arquitetura, a matemática ou a engenharia: existem boas e más construções, e as boas construções valem mais, legam funções melhores e se mantêm de pé por mais tempo.

Ícaro de Carvalho

RESUMO

A implementação generalizada da modelagem de informações de construção (BIM) na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) revolucionou a forma como os profissionais projetam e visualizam seus projetos. O objetivo desta pesquisa é investigar os benefícios e desafios da tecnologia de realidade aumentada atualmente disponível para usos de construção durante um projeto de construção, para examinar as tecnologias atuais usadas durante a fase de construção em oposição ao design fase, e para determinar o potencial de longo alcance para a tecnologia AR. A metodologia desta pesquisa utilizou pesquisas bibliográficas para obter informações sobre o assunto, onde foram analisados e relatados nesta monografia. O resultado desta pesquisa forneceu a reflexão em uma tecnologia que tenha lotes do potencial mas ainda não é desenvolvida suficientemente e disponível para a implementação difundida em canteiros de obras da construção. Abordando os usos atuais, oportunidades e desafios de usar a realidade aumentada, e esperanças de como a tecnologia poderia ser aplicada. Os principais riscos da realidade aumentada são os custos associados à implementação e a medida em que a tecnologia está pronta para ser utilizada no campo.

Palavras-Chave: Modelagem de informações de construção (BIM). Realidade aumentada (AR). Realidade Mista (MR).

Abstract

The widespread implementation of building information modeling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry has revolutionized the way professionals design and visualize their projects. The purpose of this research is to investigate the benefits and challenges of the augmented reality technology currently available for construction uses during a construction project, to examine current technologies used during the construction phase as opposed to the design phase, and to determine the potential for long range for AR technology. The methodology of this research used bibliographic searches to obtain information on the subject, where they were analyzed and reported in this monograph. The result of this research provided reflection on a technology that has lots of potential but is not yet sufficiently developed and available for widespread implementation in construction sites. Addressing current uses, opportunities and challenges of using augmented reality, and hopes for how the technology could be applied. The main risks of augmented reality are the costs associated with the implementation and the extent to which the technology is ready to be used in the field.

Keywords: Building information modeling (BIM). Augmented reality (AR). Mixed Reality (MR).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Era das pranchetas para os projetistas.....	16
Figura 2- Processo do BIM	17
Figura 3- Realidade virtual em um jogo de PC.	22
Figura 4- usando o AR em um dispositivo móvel.	24
Figura 5- BIM na realidade aumentada em projetos de construção civil.....	26
Figura 6- O BIM na realidade aumenta.	27
Figura 7- Realidade aumentada para fins de segurança	28

Lista de Abreviaturas e Siglas

BIM	Building Information Modeling
AR	Realidade Aumentada
MR	Realidade Mista
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
IFC	Industry Foundation Class

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. METODOLOGIA.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Evoluções dos Projetos	16
3.2 Conhecendo o BIM	16
3.3 BIM no Brasil é Lei	21
3.4 Definição de Realidade mista e aumentada.....	21
3.5 A Realidade aumentada na arquitetura, engenharia e construção	23
3.6 A integração do BIM e tecnologias de realidade aumentada	23
3.7 Os usos de realidade aumentada para garantia de qualidade de construção	25
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

Diretamente, a implementação generalizada do BIM (Building Information Model) na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) revolucionou a forma como os profissionais projetam e visualizam seus projetos. O BIM pode representar digitalmente as características físicas e funcionais de um edifício e adiciona informações realistas a elementos que podem ser representados apenas em uma versão 2D.

De acordo com Wang et. al. (2004), a tecnologia BIM pode fornecer aos profissionais de design um modelo 3D que pode encapsular uma estrutura e contém informações de construção precisas dentro do modelo. Portanto, temos hoje ferramentas de alta qualidade para facilitar cada vez mais para quem estar executando e para os envolvidos.

Na última década, grandes avanços nas tecnologias de realidade virtual tornaram possível trazer os modelos 3D criados pelo designer de um projeto para o campo. Uma classe especial de tecnologia de realidade virtual, a MR (Realidade Mista), é usada para criar ambientes em que o mundo real e o mundo virtual são apresentados juntos em um único display (WANG et. Al., 2004).

Um subconjunto de MR com potencial particularmente grande para aplicações de construção é AR (Realidade Aumentada), que pode inserir modelos armazenados e interagir com no espaço virtual digitalmente em um espaço físico onde o trabalho real está ocorrendo. Enquanto as tecnologias se desenvolvem, o MR e o AR têm o potencial construir no sucesso que o BIM tem encontrado já dentro da indústria de AEC (Arquitetura, Engenharia e Cronstrução) e elimina a necessidade para desenhos e planos 2D tradicionais completamente. A tecnologia permitirá que a indústria de AEC para melhor prever projetos, detectar problemas durante a construção, melhorar a segurança, e potencialmente reduzir o custo e desperdício por melhor compreensão do projeto em mãos (WANG et. Al, 2004).

Aplicações para o uso de tecnologia de realidade aumentada na construção ainda estão sendo desenvolvidas, e adoção convencional não é universal, exceto alguns projetos de construção que usaram tecnologias de realidade aumentada. A tecnologia AR pode fornecer grandes benefícios em projetos de construção, como visualização em tempo real de projetos, melhor colaboração e comunicação, maior segurança, agendamento e gerenciamento de orçamento de qualidade, e maior implementação de BIM (JONES, 2014).

Em uma aplicação da tecnologia AR para a reconstrução de um terremoto respondeu muitas perguntas sobre como a tecnologia pode ser aplicada em um projeto de construção comum, e que o potencial e os desafios da realidade aumentada e mista poderia ser (WILLIAMS, 2011).

Portanto, o BIM pode fornecer aos profissionais de design um modelo 3D que pode encapsular uma estrutura e também contém informações de construção precisas dentro do modelo. Na última década, grandes avanços em tecnologias de realidade aumentada tornaram possível trazer os modelos 3D criados pelo projetista de um projeto para o campo. Determinando a necessidade ou o que se faz necessário determinar os entraves à aplicabilidade dessa ferramenta no âmbito profissional. Esse trabalho tem como finalidade analisar, bibliograficamente, a aplicação de tecnologias de realidade aumentada, atualmente disponíveis durante a fase de construção de um projeto. Investigar os benefícios e desafios dessa tecnologia, comparar as tecnologias de AR usadas durante a fase de construção e determinar o potencial a longo prazo para a aplicação dessa tecnologia.

2. METODOLOGIA

Os dados iniciais que compreendem a seção de revisão da literatura desta monografia foram compilados através de bases de dados de pesquisa acadêmica online e artigos de texto.

Foram realizadas pesquisas bibliográficas em diferentes plataformas de estudos para obter informações sobre as tecnologias de AR disponíveis, se/como eles estão sendo utilizados no campo, e os tipos de projetos em que estão atualmente sendo usados. O conteúdo analisado também buscou determinar os benefícios, desafios que os empreiteiros como também os desenvolvedores têm usando e implementando as tecnologias, e também para estudar o impacto que as tecnologias estão tendo nos comércios de construção.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Evoluções dos Projetos

A construção civil, em seu início teve seus projetos realizados em pranchetas, ou seja, a mão, demandando grandes prazos para conclusão e alto cuidado com o seu desenvolvimento.

De acordo com Schodek et al. (2007), nos anos 80 os computadores passaram a contribuir com a arquitetura e engenharia através de desenhos mais complexos, proporcionando maior precisão e rapidez na execução. Então as telas, mouses e teclados acabaram substituindo as pranchetas de desenhos. Um exemplo disso é o AutoCad, software da empresa Autodesk que foi desenvolvido para criar linhas em dimensões e escalas que representasse o projeto real.

Figura 1 - Era das pranchetas para os projetistas.



Fonte: arquitetoexpert

3.2 Conhecendo o BIM

A modelagem de informações de construção, ou modelagem BIM, tem sido a palavra Buzz na indústria AEC por algum tempo. É conhecido por facilitar oportunidades inigualáveis para aumentar a produtividade e economias de custos significativas. Adotado com o aumento da regularidade nos EUA, Reino Unido, Escandinávia, Alemanha, Singapura, França, China, Coreia do Sul e outros países, inclusive o Brasil, o BIM está ganhando terreno globalmente (ADDOR, 2010).

O BIM é, em primeiro lugar, um processo, mas é muito mais do que isso. É um processo baseado em modelo 3D que fornece informações e ferramentas de profissionais de arquitetura, engenharia e construção (AEC) para planejar, projetar, construir e gerenciar estruturas e construções com eficiência (ADDOR, 2010).

O esquema na figura 2 define com precisão como funciona a Metodologia BIM:

Figura 2- Processo do BIM



Fonte: ADDOR (2010).

A essência do processo BIM possibilita a criação de modelos 3D virtuais que podem ser explorados e manipulados, facilitando a compreensão das relações entre espaços, materiais e sistemas. Um banco de dados gera uma imagem 3D e cria planos de construção (MEZA et. Al., 2014).

Assim, o processo BIM pode construir, visualizar e testar uma estrutura em 3D. Essas habilidades permitem revisões e a montagem de detalhes precisos. Os dados detalhados permitem o projeto, a detecção do conflito, o custo e a programação. Cada um dos estágios do projeto e da construção beneficia-se de sua participação no BIM. Além disso, essa abordagem baseada em modelo melhora a eficiência e reforça a entrega coordenada do projeto. O BIM economiza tempo e custos para projetos. A seguir, estão algumas das vantagens (ADDOR, 2010):

1. **Informações detalhadas do BIM** - fornece uma riqueza de informações que é facilmente acessível. Os designers podem acessar, adicionar ou editar dados e compartilhá-los em um modelo;
2. **Menos retrabalho** – usar um modelo compartilhado leva a menos retrabalho. Diferentes disciplinas podem anotar e se conectar ao projeto. As ferramentas de desenho BIM são mais rápidas do que as ferramentas de desenho 2D, e um extenso banco de dados fornece o número e o tamanho das janelas, para decolagens de quantidade, que são atualizadas automaticamente;

3. **Melhora a colaboração** – o compartilhamento e a colaboração com modelos são executados por meio de um fluxo de trabalho digital. Muito disso é entregue na nuvem. Ferramentas de software para diferentes disciplinas ajudam a compartilhar os modelos de projeto complexos, também ajudam na coordenação. As partes interessadas do projeto podem revisar e atualizar informações a qualquer momento;
4. **Simulação e visualização** – as ferramentas de simulação permitem que os designers visualizem uma gama de efeitos, como a luz solar durante diferentes épocas ou calculam o desempenho energético de um edifício. O software relevante pode analisar e modelar o edifício para uma maior eficiência;
5. **Resolver confrontos** – as ferramentas BIM ajudam a automatizar a detecção de interferência de diferentes elementos, como um conduto elétrico ou canalização que corre para um feixe. Ao criar um modelo, os confrontos são descobertos precocemente e os custos podem ser reduzidos. Os modelos ajudam os elementos perfeitos da pré-fabricação, permitindo a instalação fácil um pouco do que seja criado no local;
6. **Processo de personalização** – o uso de modelos BIM ou modelos do BIM, etapas, materiais e tripulações pode ser sequenciado e coordenado para maior eficiência;
7. **Economizar tempo** – planos tradicionais, seções, elevações e outros relatórios podem ser gerados a partir do modelo com automação, economizando tempo de desenho;
8. **Visualizações exatas** – o modelo BIM, com uma grande quantidade de informações detalhadas, transmite com precisão o escopo, o processo e o resultado do projeto. O modelo 3D facilita menos etapas para renderizar exibições e avanços;
9. **Mobilidade** – as informações precisas do modelo e a capacidade da nuvem permitem o acesso aos detalhes do modelo de qualquer lugar, em qualquer dispositivo.

Em geral, o progresso do BIM na prática de construção mundial é virtualmente inevitável. Os seus benefícios gerais a longo prazo podem ser resumidos da seguinte forma (MEZA et. Al., 2014):

1. Melhores decisões de design, melhor desempenho de construção e colaboração efetiva em todo o projeto;
2. Fluxos de trabalho efetivos que melhoram o planejamento, a produtividade e a rentabilidade;
3. Informação digitalizada do local e do projeto conectada do projeto com a construção;
4. Coordenação BIM 3D, promovendo a melhoria da qualidade e colaboração de design MEP (Mecânica, Elétrica e Hidráulica).

De acordo com Meza et. al. (2014), o software BIM, como o Revit, fala a linguagem orientada para a construção de arquitetos. Ele mantém o controle de cada uma dessas entidades no que é chamado de "banco de dados", essencialmente, uma maneira para os programas de computador para categorizar e organizar informações. Mantendo o relógio sobre estas várias peças como um árbitro invisível, o software assegura que cada elemento está no lugar que é colocado em relação aos outros. E, quando solicitado a fazê-lo, pode-se encontrar conflitos com base nas regras da realidade.

O BIM trabalha através da criação de um banco de dados que é compatível com IFC. O IFC refere-se à Industry Foundation Class, e é um sistema não proprietário de referência à construção e construção de informações do setor. Como esse sistema é neutro e não é controlado por qualquer fornecedor ou conjunto de fornecedores, a latitude e a flexibilidade permitem que uma plataforma baseada no IFC seja consistente em uma variedade de softwares e várias empresas (MEZA et. al., 2014).

O IFC é importante porque ajuda a manter a semelhança entre modelos de construção e programas de software. Desde que o autor teve a experiência primeiramente com REVIT de Autodesk, estará explicando as capacidades desse software enquanto os artigos continuam (MEZA et. al., 2014).

O modelo de informações de construção usado nessa revisão é gerenciado pelo XML, que também é conhecido como Extensible Markup Language, isso quer dizer, uma linguagem de script de computador que pode ser compreendida por pessoas e computadores. É apropriado devido ao seu uso e aplicação em uma ampla variedade de estruturas de dados representativos, como seria visto em aplicações de Internet (MEZA et. Al., 2014).

Devido a uma interface de usuário projetada especificamente para arquitetos e aqueles que projetam edifícios, o modelo de construção é criado "por trás das cenas", enquanto o designer está usando e definindo elementos padrão de construção, como paredes, janelas e portas (MEZA et. Al., 2014).

Como um elemento de banco de dados é criado cada vez que um elemento de construção é usado, as listas dos elementos de construção são criadas muito rapidamente, tão facilmente quanto os desenhos são criados. Nesse sentido, diversos atributos dos objetos também estão armazenados, e há até mesmo a possibilidade de definir um número de atributos para cada objeto (MEZA et. Al., 2014).

O projetista incorpora a posição, o tipo e a quantidade das partes nos lugares apropriados, o software mostra a relação entre estas partes das várias vistas. Esta informação 3D é capaz de então ser "transcrito" em informações 2D para que os desenhos possam ser impressos para aprovação e construção.

Para o cliente, isso é importante porque significa que os projetos serão mais precisos. Para o arquiteto, sua responsabilidade realista é diminuída e sua confiança é aumentada porque seus desenhos são mais precisos. Para ambos, se o arquiteto é dirigido para fazer uma mudança pelo cliente, e alguns problemas, os problemas tornar-se-ão imediatamente evidentes a ele.

Para os consultores, uma vez que eles estão trabalhando com um modelo 3D, eles são imediatamente capazes de entender as implicações da variedade de decisões de design, que eles precisarão fazer e avaliar prontamente seu trabalho para ver se há conflitos com a arquitetura.

Nos estágios iniciais, onde o projeto evolui e está sendo gerado, a metodologia BIM nos ajuda a extrair facilmente pisos e seções de um único modelo 3D. Este modelo é o germe do projeto e graças aos vários monitores, permite a compreensão das diferentes propostas pelo cliente e por nossa própria equipe, e tudo isso em tempo real (MEZA et. Al., 2014).

Devido à importância da implementação do projeto em seu lugar e sua adaptação ao meio ambiente, é valiosa a informação que podemos obter sobre a avaliação energética do edifício. Desta forma, a partir das fases iniciais comparativas de diferentes soluções sustentáveis são geradas, permitindo-nos selecionar o mais adequado a partir da fase conceitual. Para isso, utiliza-se o modelo BIM para estudar

a ótima orientação dos quartos, a quantidade de radiação solar e menor impacto ambiental (6D) (MEZA et. Al., 2014).

Durante os estágios mais avançados do projeto, o uso de padrões abertos permite o uso das melhores ferramentas específicas no cálculo, dimensionamento de estruturas e instalações. Em primeiro lugar, a exportação para IFC do modelo arquitetônico permite aos engenheiros importar em seus programas de modelagem e análise para avaliação e aprovação pelo coordenador do projeto. Subsequentemente o compartilhamento de arquivos do BCF possibilita a transmissão de comentários e observações, bem como o acompanhamento das modificações no projeto que facilita sua rastreabilidade (MEZA et. Al., 2014).

3.3 BIM no Brasil é Lei

Por meio do decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, é obrigatória a utilização do BIM na execução de obras e serviços de engenharia, realizadas pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal (Brasil, 2020).

A estratégia com a exigência de utilização do BIM em três fases que começou a valer em 1º de Janeiro de 2021. Segundo o decreto, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações (Brasil, 2020).

Para a segunda e terceira fase da estratégia, a partir de 1º de Janeiro de 2024 e 1º de Janeiro de 2028, respectivamente, os projetos serão melhores desenvolvidos e as construções terão mais qualidade. Tendo assim, menos desperdício e retrabalho, fazendo assim que o uso dos recursos públicos envolvidos seja melhor aproveitado.

3.4 Definição de Realidade mista e aumentada

Como o próprio nome já indica, a realidade virtual é um ambiente virtual onde o usuário pode se inserir como se realmente estivesse ali, mas tudo não passa de um sistema criado.

A realidade aumentada (AR) é uma tecnologia que permite sobrepor imagens geradas por computador criadas em softwares CAD ou de modelagem de informações de construção (BIM) na visão de um usuário do mundo real, o que cria uma exibição composta ou aumentada (CLEVELAND, 2010).

Além disso, a AR é um ambiente onde os elementos virtuais são incorporados em uma imagem ao vivo do ambiente real. Ele combina o mundo real e dados gerados por computador. Vale dizer que a AR é um ambiente onde os dados

adicionais gerados por um computador são alimentados na visão do usuário de uma cena real. Os sistemas de realidade aumentada são geralmente compostos por três elementos: Dados, computação e apresentação (MEZA et al., 2014).

Nesse aspecto, a Figura 3 ilustra corretamente como funciona a realidade virtual.

Figura 3- Realidade virtual em um jogo de PC.



Fonte: MEZA et al. (2014).

A explicação geral da tecnologia da realidade mista é que engloba o continuum de combinações de elementos de ambos os ambientes virtuais (gerados por computador) e reais (Dunston & Wang, 2005).

Ao longo das últimas duas décadas, a Internet e as evoluções do smartphone transformaram nossas vidas, e a AR tem o potencial de ser muito grande. Já se vê o mecanismo AR atuar como um catalisador para grandes mudanças, impulsionando os avanços em tudo, desde máquinas industriais até eletrônicos de consumo. Também está empurrando novas fronteiras na educação, entretenimento e cuidados de saúde.

Mas, como qualquer nova tecnologia, existem riscos inerentes que devemos reconhecer, antecipar e lidar o mais rápido possível. Se o fizermos, estas tecnologias são susceptíveis de continuar a prosperar. Alguns observadores da indústria estão prevendo um valor de mercado combinado de AR/VR de U\$\$ 10 bi por 2021, como as empresas de todos os tamanhos aproveitam a AR para mudar a maneira como seus clientes interagem com o mundo em torno deles de maneiras anteriormente só possível na ficção científica (MEZA et al., 2015).

Mesmo sabendo que a AR é uma tecnologia do presente e futuro, há algumas armadilhas sérias de privacidade e segurança, incluindo perigos para a segurança

física. Há também ameaças contínuas de criminosos cibernéticos, sendo que as nações estão dobradas no caos político e pior todos criando minas terrestres virtuais que poderiam retardar ou até mesmo descarrilar o sucesso de AR. Existe uma grande aceitação do AR, e é por isso que se está chamando ao debate tais questões afim de aumentar a conscientização.

3.5 A Realidade aumentada na arquitetura, engenharia e construção

A indústria de AEC constitui um mercado para o uso de tecnologias AR, sem a necessidade de ter que retornar a um escritório para acessar um PC desktop convencional ou laptop. O AR pode complementar a experiência normal do usuário, usando objetos relacionados ao contexto, como olhar através de paredes para ver colunas ou abaixo do solo para inspecionar utilitários de subsuperfície que foram instalados. Na perspectiva da avaliação, modelos virtuais autênticos podem ser implantados para medir a condição física de objetos reais, como a avaliação de danos causados pelo terremoto, ou o monitoramento do progresso da construção (DUNGSTON & WANG, 2005).

Outros usos para a tecnologia AR relacionados com a construção, é o treinamento dos operadores de equipamentos pesados para usar a máquina de uma forma barata. Simulações de situações de Terra de trabalho podem ser criadas. Outras utilizações do AR podem incluir o uso de Tags virtuais em torno do painel de instrumentos real para aprender a função de cada item, instruções passo a passo para iniciar procedimentos, assistindo vídeo de treinamento pré-gravado ou automaticamente, aparecendo de instruções de segurança (MEZA et. Al., 2015).

A pesquisa também demonstrou que a compreensibilidade e usabilidade da documentação do projeto em diferentes formatos, incluindo planos 2D, BIM em um PC, a visualização de esquemas em tablets, e realidade aumentada, as comparações mostraram que a AR era pelo menos um grau melhor do que qualquer outra técnica de apresentação (MEZA et al., 2015).

3.6 A integração do BIM e tecnologias de realidade aumentada

Estudos analisaram o potencial de como a tecnologia de realidade aumentada pode ser usada para implementar eficientemente um sistema de realidade aumentada baseado em BIM para construção (MEZA et al. 2014).

A realidade aumentada pode ser usada para a visualização em tempo real e o monitoramento de atividades e tarefas. A integração do BIM com a AR pode fornecer

uma plataforma para uma equipe de gerenciamento de sites e subcontratados para interagir efetivamente e utilizar dados contidos em um modelo BIM (WANG et al. 2013).

O BIM poderia ser usado para modelar e armazenar digitalmente a maior parte da documentação associada a um projeto, mas acabaria por ser impresso e usado em um canteiro de obras em forma física 2D. Os pesquisadores estão agora tentando facilitar o processo de mapeamento da documentação do projeto 2D para a realidade da construção 3D do mundo real, misturando informações virtuais com o ambiente real, usando a realidade aumentada (MEZA et al. 2014).

Figura 4- usando o AR em um dispositivo móvel.



Fonte: WANG et. Al. (2013)

A Figura 4 mostra como um trabalhador em um canteiro de obras poderia usar um dispositivo móvel para exibir um modelo 3D sobreposto no mundo real. Portanto, a realidade aumentada é considerada um "agregador de informações" que pode coletar e consolidar informações de ferramentas individuais, como BIM, e também de sensores de contexto-prêmio.

A AR pode visualizar as informações de instalações BIM planejadas no contexto do local de trabalho real para permitir que gerentes de projeto, subcontratados e outros acionistas revisem o andamento conforme planejado mostrado na figura 5. Usando a realidade aumentada, um gerente da construção no local pode detectar os conflitos potenciais recuperando e visualizando todas as propriedades e detalhes a respeito dos elementos do edifício de BIM (WANG et al, 2013).

3.7 Os usos de realidade aumentada para garantia de qualidade de construção

As tecnologias avançadas, como BIM e AR, podem permitir o armazenamento e a recuperação de dados de defeitos visualmente. Estas tecnologias proporcionam grandes oportunidades para melhorar o trabalho de garantia de qualidade da construção.

Usando essas tecnologias, os trabalhadores e gerentes podem confirmar automaticamente os resultados das tarefas, aumentando a informação praticamente criada para objetos reais ou até mesmo fotos tiradas do trabalho realizado no local. Essas inovações têm o potencial de permitir que os gerentes de qualidade e de comércio do site identifiquem e endereçam problemas de qualidade que, em efeito, economizem tempo e reduzam os custos relacionados ao retrabalho nos estaleiros de obras (KWON et al. 2014).

O setor de arquitetura, engenharia e construção está dando um importante avanço na implementação de novas tecnologias. Este esforço tem por objetivo aumentar a sua competitividade e produtividade (estima-se que pode supor até 25% de economia de custos) e deixar de ser a segunda atividade econômica menos digitalizada do mundo por estar na base e apenas à frente da agricultura (KWON et al. 2014).

Nesse processo de transformação digital, a tecnologia BIM e o trabalho com modelos digitais estão sendo fundamentais na assunção de novas tecnologias. E, entre estas, a Realidade Aumentada está se tornando uma excelente oportunidade para qualquer empresa ou profissional do setor melhorar seus processos, eficiência e valorizar sua imagem de marca desde a fase de concepção e cálculo de um projeto.

Esse processo é possível graças à nossa plataforma, onde graças à aplicação BIM em AR torna-se uma plataforma pioneira no mundo e única na nuvem graças à qual qualquer profissional da construção e até mesmo um usuário final (dono do edifício, casa, instalações ou escritório) pode ver o projeto em Realidade Aumentada (AR) (AZEVEDO, 2011).

Figura 5- BIM na realidade aumentada em projetos de construção civil.



Fonte: Rodrigues (2017).

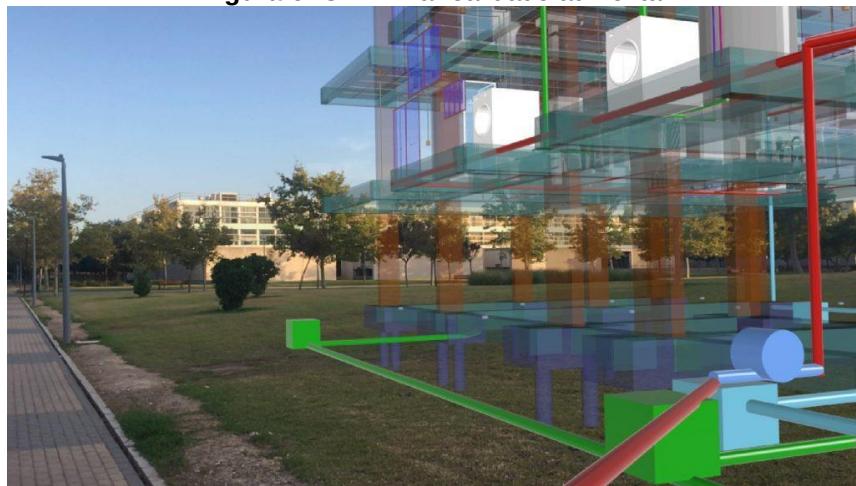
Dentre os benefícios profissionais e melhoria da qualidade na construção, destacam-se os seguintes (RODRIGUES, 2017):

- **Melhoria na comunicação entre os agentes:** Os diferentes profissionais envolvidos no projeto podem usar o AR para compartilhar informações sobre o projeto. Desta forma, uns fornecem informações (os técnicos) e outros as recebem (trabalhadores/construtora/conselho) para que a execução seja perfeita. Além disso, manuais, instruções de montagem podem ser incluídos;
- **Controle de qualidade aprimorado:** A Realidade Aumentada também oferece muitos benefícios na fase de fiscalização *in loco*, pois os responsáveis podem antecipar possíveis inconsistências antes que elas aconteçam;
- **Mais segurança na fase de construção:** Por meio da visualização em Realidade Aumentada, melhores decisões podem ser tomadas na implementação do plano de prevenção de riscos ocupacionais na construção, vendo antecipadamente como devem ser colocados os diferentes elementos de segurança exigidos em qualquer obra;
- **Simulações:** A Realidade Aumentada também é um excelente recurso para realizar a simulação de processos como a propagação de incêndios, processos de evacuação, fluxos de tráfego de pessoas, dentre outros.

Já um dos benefícios para o usuário final, na visão de Rodrigues (2017), se destaca pela visualização da habitação antes da compra. O referido autor defende que, “qualquer pessoa interessada em comprar uma casa pode colocar-se em cena e imaginar exatamente como será a sua futura casa”. Portanto, se ainda pode aplicar reformas de forma prática e mostrar diferentes opções de acabamento na futura casa.

Para Azevedo (2011), a obtenção de todos estes benefícios é possível, e de forma gratuita, através da ferramenta BIM, pois a plataforma permite hospedar todas as informações do projeto para posteriormente reproduzi-las em realidade aumentada com o aplicativo. Desta forma é possível visualizar não só as informações físicas, mas também os resultados da simulação como, entre outros, o nível de iluminação. Além disso, BIM também tem entre suas características permitir ajustar e alterar a escala dos projetos, ao mesmo tempo que facilita a visualização da informação de todos os elementos. Da mesma forma, você pode ver o projeto por camadas (estruturas, instalações, VRF...) ativando e desativando camadas.

Figura 6- O BIM na realidade aumenta.



Fonte: Rodrigues (2017)

Para melhorar as condições de segurança, os projetos de construção exigem métodos e soluções de treinamento, baseados em Visual e direto. Assim, as aplicações de segurança irão produzir melhor entendimento e reconhecimento dos riscos de segurança.

Com a introdução e o uso crescente e a integração de modelagem de informações de construção e realidade aumentada, há oportunidades para melhorar as práticas atuais de gerenciamento de segurança e aproveitar os benefícios comprovados dessas tecnologias para melhorar a capacidade de memória de trabalho, aumentar a força de trabalho capacidade cognitiva da informação espacial, e ter melhor confiança na experiência passada e memória (PARK & KIM, 2013).

A Figura 7 mostra o que a relação poderia estar em um dispositivo móvel, onde uma poderia marcar um perigo em um canteiro de obras, e então qualquer um que usa o AR para olhar essa área começa um aviso de exatamente onde o perigo é.

Uma vez que o perigo está sendo abordado, o aviso de perigo pode ser removido e ele iria parar de aparecer em exibições de realidade aumentada.

Figura 7- Realidade aumentada para fins de segurança



Fonte: MEZA et. Al. (2014).

Na pesquisa feita sobre a tecnologia AR, o principal desafio técnico é como determinar com precisão a posição do usuário no espaço. O sistema de AR precisa os dados na posição e na orientação atuais no espaço. Durante os testes de campo, foi estabelecido que a precisão das antenas GPS incorporadas em dispositivos móveis carece da precisão exigida (MEZA et al., 2014).

Os autores dessa pesquisa acreditavam que no futuro próximo software AR comercial vai tirar a vantagem de métodos de posicionamento alternativos e o componente de exibição de AR pode ser facilmente substituído por um que irá fornecer um método mais preciso de posicionamento (MEZA et Al. 2014).

Portanto, a dificuldade técnica principal é a questão de como alinhar com precisão o campo de visão do usuário com a posição de um modelo que está sendo visualizado. Há dois problemas práticos que surgem ao comparar o estado real no canteiro de obras com o estado no modelo. O primeiro problema se desenvolve quando os objetos físicos são posicionados entre o usuário e o local onde o edifício está localizado (como cercas do local, guindastes de torre, etc.). Outro problema é a sobreposição de elementos já construídos. Estas questões não são novas questões, e têm desafiado todos os pesquisadores envolvidos no estudo da tecnologia AR (MEZA et al. 2014).

Há também desafios relacionados ao uso da tecnologia AR ao trabalhar em projetos de construção indoor. Tem sido demonstrado que em áreas de pouca luz, muitas vezes é difícil para as câmeras para detectar os elementos do mundo real que precisam ser comparados com os modelos. Em projetos de construção onde

nenhum sistema de iluminação é instalado em ambientes fechados, será necessário melhorar a capacidade de reconhecimento do dispositivo (KWON et al. 2014).

Em suma, a Realidade Aumentada (RA) na construção implica melhorar a comunicação entre os agentes, agilizar processos, economizar custos, reduzir erros e aumentar a produtividade. Para isso, é necessário apenas que o usuário se cadastre gratuitamente na plataforma que escolher, fazer o upload do projeto nela e baixar o referido aplicativo para ver, gratuitamente, as imagens do projeto em 3D sobrepostas ao ambiente que o circunda naquele momento e também interagir com eles.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao encerrar esse trabalho, foi possível detectar o total cumprimento do objetivo geral e específicos de pesquisa, pautada pela verificação de como a tecnologia de realidade aumentada estava sendo usada, quem estava desenvolvendo, e como às aplicações práticas pareciam. Após ter conduzido uma revisão de literatura do uso da tecnologia da realidade aumentada para a fase da construção, tornou-se aparente que a maioria da literatura disponível focalizou na realidade aumentada de um ponto de vista muito teórico.

Foram analisados estudos disponíveis estes forneceram, no entanto, de nenhuma experiência prática usando a realidade aumentada em projetos de construção, e centraram-se preferivelmente em como a tecnologia poderia ser usada, em vez de como é usada realmente.

Com base na análise das informações coletadas a partir de pesquisas bibliográficas, os principais benefícios práticos da tecnologia de realidade aumentada são usos para visualização de projetos de um ponto de vista de marketing e comunicação, e que a tecnologia não foi amplamente implementada, ou mesmo aparentemente desenvolvida para uso para aplicações práticas em um canteiro de obras, como para a garantia de qualidade ou aplicações de segurança. Isso não quer dizer que nenhuma empresa tenha utilizado no passado, ou estão atualmente usando realidade aumentada no local.

Portanto, a realidade aumentada está sendo usada em locais ativos, mas parece que o uso é tão limitado que torna-se praticamente insignificante em comparação com a quantidade de construção ocorrendo.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, M. et al. **Colocando o “i” no BIM**. *Revista Arq Urb*, São Paulo, n. 4, p. 104–115, 2010.
- AZEVEDO, Orlando José Maravilha de. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho Escola de Engenharia, Guimarães, 2011.
- BRASIL. **Decreto Nº 10.306, De 2 De Abril De 2020**. Estabelece a utilização do **Building Information Modelling**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>
- CLEVELAND JR., A. B. **Ferramentas emergentes para viabilizar a engenharia de construção**. *Revista de engenharia e gestão da construção*, 137 (10), 836-842. Londres, 2010.
- DUNSTON, P. S. **Avaliação da realidade aumentada na inspeção de coluna de aço**. *Automação em construção*, 18 (2), 118-129, Huston, 2009.
- DUNSTON, P. S., & WANG, X. **Interfaces de visualização mistas baseadas em realidade para arquitetura, engenharia e indústria da construção civil**. *Jornal da engenharia e da gerência da construção*, 131 (12), 1301-1309. 2005.
- JONES, KENDALL **Cinco maneiras que a indústria da construção se beneficiará da realidade aumentada**. Empresa de dados de construção. Curitiba, 2014. Disponível em: <http://jbknowledge.com/five-ways-construction-industry-will-beneficio-aumentada-realidade>
- NUNES, G.H, LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. *Revista de Engenharia Civil*. 2018. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.47-61.pdf>>.
- KAMAT, V. R., GOLPARVAR, M., MARTINEZ, J. C., FISCHER, M., & SARAVESE, S. **CEC: pesquisa em técnicas de visualização para construção de campo**. *Em trabalhos da conferência da engenharia da construção*. Blacksburg, VA, 2010.
- KWON, O. S.& LIM, C. R. **Um sistema de gerenciamento de defeitos para trabalho de concreto armado utilizando BIM, correspondência de imagem e realidade aumentada**. *Automação em construção*, 46, 74-81, 2014, France.
- MEZA, S., TURK, Ž., & DOLENC, M. **Engenharia baseada em componentes de um sistema móvel de realidade aumentada baseado em BIM**. *Automação em construção*, 42, 1-12. Berlim, 2014.

- PARK, C. S. & KIM, H. J. **Uma estrutura para gestão de segurança de construção e sistema de visualização.** Automação em construção, 33, 95-103. Lousiana, 2013.
- RODRIGUES, Renata Aparecida Vaz. **Aplicação da tecnologia BIM como ferramenta de visualização de realidade virtual na arquitetura estudo de caso do centro de convenções do Unipam.** In: Congresso Mineiro de Engenharias e Arquitetura-CENAR. 2017.
- WANG, X., DUNSTON, P. S., & SKINIEWSKI, M. **Aplicações de tecnologia de realidade mista no treinamento de operadores de equipamentos de construção.** Em anais do 21º Simpósio Internacional de automação e robótica em construção. Istanbul, 2004.
- WANG, X., KIM, M. J., amor, P. E., & Kang, S. C. **Realidade aumentada em ambiente construído: classificação e implicações para futuras pesquisas.** Automação em construção, 32, 1-13. Londres, 2013.
- WANG, X., KIM, M. J., **Uma estrutura conceitual para integrar: A modelagem de informações de construção com realidade aumentada.** Automação em construção, 34, 37-44, Nevada, 2013.
- WILLIAMS, Nicole. **A realidade aumentada na Nova Zelândia.** Social Media NZ. Nova Zelandia, 2011.<https://socialmedianz.com/opinion2/2011/12/04/augmented-reality-in-new-zealand/>.