

APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA E CONCEITOS BIM NA OTIMIZAÇÃO DA ENGENHARIA DAS ESTRUTURAS CIVIS

Caio Mendes Lima ⁽¹⁾; **Maic Morais de Araújo da Conceição** ⁽²⁾; **Jorge Nascimento Santos Júnior** ⁽³⁾; **Bruno Oliveira Andrade** ⁽⁴⁾; **Carlos Henrique** ⁽⁵⁾; **Marcílio Goivinho** ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Estudante, Instituto Federal de Sergipe, caioasu@gmail.com ⁽²⁾ Estudante, Instituto Federal de Sergipe, jorge.nascimento.ifs@gmail.com

⁽³⁾ Estudante, Instituto Federal de Sergipe, maicmorais@outlook.com ⁽⁴⁾ Estudante, Instituto Federal de Sergipe, brunoandrade_@outlook.com ⁽⁵⁾ Professor, Instituto Federal de Sergipe, consvalho@gmail.com

⁽⁶⁾ Professor, Instituto Federal de Sergipe, g.marcilio@hotmail.com

Resumo – A grande necessidade por novas tecnologias na construção civil tem se mostrado essenciais, dessa forma atrelado a esta vertente, estudos evidenciam que a busca de novas formas de visualização de modelos tridimensionais no canteiro de obras apresentam-se benéficas e possíveis de serem utilizadas. Dessa forma, o presente trabalho tem como intuito abordar objetivamente utilizações e análises do uso de ferramentas BIM (*Building Information Modeling*), R.A (Realidade Aumentada) juntamente a Engenharia das Estruturas Civis. Por meio do desenvolvimento deste estudo foi possível à modelagem de um projeto estrutural em 3D e posteriormente representa-lo através da realidade aumentada, facilitando assim a visualização, conferências e análises de parâmetros mais aprofundados contidos no projeto. Após a realização deste estudo, concluiu-se que a partir da utilização de conceitos e ferramentas BIM e R.A na Engenharia Estrutural foi possível obter ganhos consideráveis, essencialmente no acompanhamento desde a fase de elaboração de projeto até a fase executiva.

Palavras-Chave: BIM, Realidade Aumentada, Engenharia Estrutural.

INTRODUÇÃO

Ao longo do desenvolvimento da construção civil a necessidade por novas tecnologias tem se mostrado indispensável, tanto na gestão da concepção quanto na da produção. Nesse contexto, podemos observar o recente desenvolvimento das tecnologias computacionais, que tem gerado impactos consideráveis nas fases de projeto e de execução de edifícios (ASSIS, 2016). No entanto, percebemos que mesmo em meio a tal realidade, muitas vezes essas informações são desconhecidas dos gestores e técnicos, obstaculando a inserção dessas modernas tecnologias na construção civil (FREITAS, 2015).

Recentemente, começou a ser utilizada a Modelagem da Informação da Construção, conhecida como tecnologia BIM que agrega uma grande quantidade de informações ao modelo trabalhado, uma vez que várias disciplinas são integradas em um único modelo, que é compartilhado entre todos os profissionais envolvidos no projeto (MACIEL, 2013). Dessa forma

vemos a possibilidade de uma melhor comunicação, visualização e minimização de erros dos empreendimentos, gerando portanto benefícios para todos envolvidos na cadeia construtiva.

Florio (2007) descreve que “O BIM é constituído por um banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais”. Outra grande vantagem da modelagem BIM é a sua flexibilidade referente aos projetos, sendo capaz de implementar empreendimento de grande e pequena escala a exemplo da construção de uma escada modular na estação de ônibus em Slough, UK (BRYDE, 2016)

Os ganhos obtidos com o uso de modelos virtuais vão além da fase de concepção de projeto, uma vez que visualizações menos simbólicas e mais próximas da experiência espacial real facilitam a compreensão do projeto (FREITAS, 2015).

Em vista disto, Fernandes (2012) descreve a realidade aumentada (RA) como um tipo de visualização que trata da expansão da percepção humana, principalmente o aspecto da visão. O conceito é agregar ao que é visível, na realidade informações digitais organizadas, assim associando o real com o virtual de forma contínua. Apesar de primordialmente relacionar informações, essa tecnologia representa a mais avançada ferramenta de aprimoramento de percepção espacial.

Estudos têm mostrado que a exploração de novas formas de visualização de modelos tridimensionais no canteiro de obras mostra-se benéficas e possíveis de serem aplicadas.

Vemos também que segundo Delatorre e Santos (2014) uma nova realidade tem-se revelado como uma tendência mundial em adotar as ferramentas BIM substituindo o uso tradicional do CAD, ainda que o Brasil tenha começado tardiamente a sua inserção no mesmo. Consequentemente a engenharia estrutural também tende a dirigir-se para essa mesma realidade, apesar de atualmente no contexto nacional, muitas vezes mostra-se presa ao uso de ferramentas usuais, que não consideram os conceitos da plataforma BIM ou RA.

METODOLOGIA

Primeiramente, a presente pesquisa foi voltada pelo seu caráter exploratório e aplicado, tendo como objetivo demonstrar uma sugestão de melhoria perante a problemática apresentada. Além do mais, o estudo dos itens abordados foi de cunho experimental, pois, procurou-se esclarecer a ocorrência de determinados eventos, como também o manuseio de questões encontradas durante o percurso do desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro passo da pesquisa foi elaborar um levantamento bibliográfico sobre o uso de ferramentas BIM e RA no âmbito nacional e internacional. Em seguida foi feita uma pesquisa sobre as ferramentas computacionais utilizadas atualmente para o cálculo e dimensionamento estrutural que possibilite uma interação com a plataforma BIM, das quais as mais representativas foram selecionadas para um breve estudo de funcionalidades e interação com o RA.

Do estudo anterior, escolheram-se um conjunto de ferramentas para fazer uma aplicação teste, para que se possa avaliar na prática os benefícios do uso de um software de dimensionamento em plataforma BIM, nesta etapa foi utilizado um caso teste de aprendizado de uma das empresas de software estrutural para que análises e testes mais específicos fossem elaborados.

O processo de aprendizagem foi feito gradualmente e com a ajuda da criação de um grupo de estudo em que a equipe pode trocar informações e discutir as melhores formas de utilização de cada software. Também foi possível agregar valor aos conhecimentos da equipe com o desenvolver dos treinamentos dos softwares BIM, pois os mesmos agregam valor aos métodos construtivos de cada elemento estudado.

É importante frisar que a investigação e aprendizado das potencialidades dos softwares foram de grande relevância, sendo focado no quesito da interoperabilidade e formas de agregar valor informacional ao modelo produzido. Sendo assim, após o reconhecimento das interfaces dos softwares utilizados, foi realizada uma busca a respeito das informações mais significativas a serem abordadas, como os ganhos de informações para um engenheiros estruturalistas e também quesitos encontrados na norma de desempenho.

Por fim, foi desenvolvido um aplicativo que reuniu de forma prática e com portabilidade as informações desenvolvidas na pesquisa.

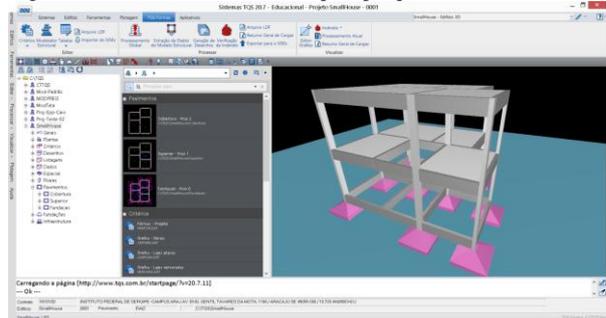
Resultados / Discussões

Para a realização do objeto desenvolvido nesta pesquisa, foram utilizados os softwares Revit 2017 (para a modelagem do elemento escolhido); TQS V20 (para análise e desenvolvimento do projeto demonstrativo); e por fim o Unity 2018.2.5f1 (64-bit) (para utilização das funções de Realidade Aumentada). O motivo da escolha dessa sequencia de programas, foi as suas capacidades de se comunicarem entre si, caracterizando assim a interoperabilidade, que é uma das vertentes de investigação deste projeto. Além disso, outro motivo para a escolha dos softwares apresentados foi à quantidade de material de aprendizado encontrado e o suporte dos fabricantes.

- A aplicação conjunto de ferramentas em caso real da construção em parceria com empresas, foi feito a partir de pequenas amostras para as empresas em potencial. Apesar da dificuldade de encontrar projetos estruturais que se adequassem com o desenvolvimento da pesquisa, foi possível fazer testes relevantes para o andamento da mesma.

Em seguida optou-se por uma aplicação junto a um caso teste de aprendizado de uma das empresas fornecedora de software estrutural, a TQS. Esta escolha se deu devido ao ganho de aprendizagem tanto dos pesquisadores quanto nos benefícios perante aos itens investigados, pois foi possível seguir uma metodologia de lançamento e utilização das ferramentas estruturais bem como explorar as potencialidades de análise do software em questão.

Figura 01 – Modelo teste elaborado pelo pesquisador no software TQS



Fonte: Pesquisador

Dando continuidade, após a elaboração do modelo estrutural foi dado início aos testes de interoperabilidade utilizando o processo TQS > REVIT onde foi possível constatar uma grande quantidade de informações relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Vale resaltar que neste estágio exploratório optou-se por focar os esforços nos softwares que apresentaram maior compatibilidade assim como retorno dos fabricantes. Os softwares selecionados para o estudo aprofundado da pesquisa foram TQS; REVIT; UNITY.

-Uso do *plugin* de apoio à exportação de dados.

Após análise das formas de exportação do software estrutural, sendo estas o “Formato IFC” e o “Revit – PluginTQS”, optou-se pelo uso do plugin Revit 2017. Essa escolha se deu devido a um melhor desempenho e resultados apresentados ao decorrer da pesquisa. Segundo a TQS (2018), a primeira versão disponibilizada deste plugin foi apresentada em 2008, sendo esta, uma parceria entre a Autodesk® e a TQS. Devido a elaboração desse plugin, é que se faz possível a transferência das informações de uma estrutura modelada no TQS para o Autodesk Revit, com grande desenvoltura.

Segue alguns dos dados de exportação entre o TQS REVIT utilizados e constatados durante na pesquisa.

- Tipo de elemento.
Ex: Pilar; Fundação.
- Taxa de armadura por metro cúbico.
Ex: 277.43 Kg/m³
- Título do elemento usado no TQS.

Ex: P5; S5

- Numeração atribuída a cada barra (armadura)

Ex: Barra 251

- Numeração atribuída a um processo de ordem de concepção, sendo este de acordo com a forma e momento em que foi concebido no software estrutural.

Ex: Schedule Mark: 9

- Dimensões das armaduras.

Ex: diâmetro; volume; área.

- Identificação de localização da barra por elemento

Ex: armadura pertencente ao pilar P5

Dentre outros que não foram explorados durante o progresso da pesquisa.

Vale resaltar que até o momento, dentre as empresas brasileiras de software estrutural estudadas nesta pesquisa, a TQS foi a que apresentou desenvolvimento perante a capacidade de exportação de armaduras e que esta função ainda não está disponibilizada para o mercado. Desta forma, a empresa possibilitou o uso desta função exclusivamente para a elaboração da pesquisa.

Para que a proposta de visualização dos modelos tridimensionais desenvolvidos na pesquisa fosse possível de ser representado na plataforma de realidade aumentada, foi necessário utilizar o método de rastreamento market-based.

Figura 02 – Marcadores utilizados na pesquisa



a) Marcador Fiducial

Fonte: Autor

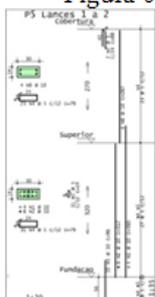


b) Seixos

Os marcadores presentes na (figura 02) foram utilizados inicialmente como testes de desempenho diante a estabilidade de visualização do modelo em realidade aumentada. Posteriormente foram adotados marcadores como maior representatividade ao projeto estrutural desenvolvido (figura 03).

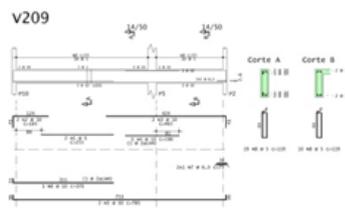
A proposta de parametrização e adequação às normas de desempenho foi explorada de forma breve, sendo analisada através das possibilidades de agregar valor informacional aos modelos estudados. Esse processo se deu por meio da utilização de cores ou textos (figura 04) e (figura 05).

Figura 03 – Marcadores utilizados na pesquisa após plotagem do modelo estrutural.



a) Plotagem do pilar P5

Fonte: Autor



b) Plotagem da viga V209

Rev	Data	Autor	Assunto
01	21/08/2018	Caio Mendes Lins	Projeto de Pesquisa M01

TQS Informática Ltda RUA FOMENTO, 758 - J/2 - TELEFONE: 3083-2722 - CEP 05427-005 - SÃO PAULO	
CONCRETO	0001
Pis = 25	MFA
IF5	001
SmallHouse	
Armção de Viga	
Pavimento Superior	
v301 / v302 / v303 / v304	
v305 / v306 / v307 / v308	00
21/08/2018	1:30

c) Carimbo

Figura 04 – Marcadores utilizados nos modelos iniciais.



a) Marcador Fiducial

b) Seixos

Fonte: Autor

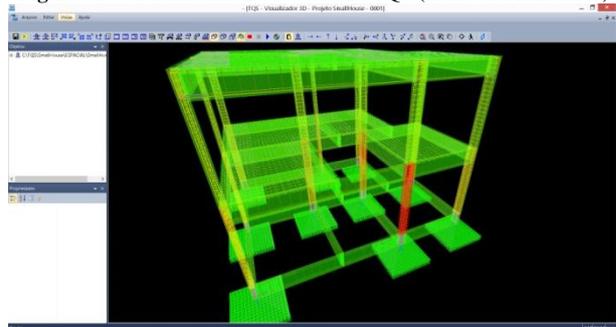
Após a elaboração do modelo estrutural, buscou-se fazer análises e verificações que ajudassem em uma visualização de projetos.

Dentre os tipos de visualizações disponíveis no software trabalhado, foi escolhida a “taxa de armadura” como processo de demonstração. É importante frisar que o processo para os outros tipos de visualização funciona normalmente de madeira análoga a usada com a taxa de armadura.

Segue possibilidades de visualização para análises em projetos futuros

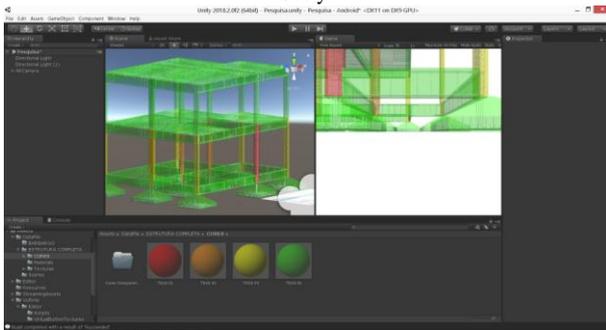
- Normal
- Etapa construtiva
- Taxa de armadura (utilizado)
- Valor do fck
- Cargas distribuídas na laje
- Carga distribuída em vigas

Figura 05 - visualizador 3D do software TQS (Taxas de Armaduras)



Fonte: Autor

Figura 06 – Processo De Adaptação Dos Resultados E Cores TQS > Unity.



Fonte: Autor

Figura 07 – Visualização Em Realidade Aumentada Mostrando As Taxas De Armadura.



Fonte: Autor

Após os testes propostos, foi dado início ao desenvolvimento organizacional e funcional do aplicativo, pois devido a quantidade de informações optou-se por essa modalidade de apresentação.

Segue parâmetros organizacionais do aplicativo (beta)

O APLICATIVO

Inicialmente Aparece o símbolo do IFS e em seguida o símbolo da CAPES e FAPITEC

Aparece um menu em 2D mostrando as opções de Estrutura, Viga e Pilar.

Essa etapa iremos usar a divisão por cenas.

Cada cena criada terá uma modelagem vinda do TQS>REVIT>UNITY

Todos os elementos (Estrutura, Viga e Pilar) terão marcadores diferentes conforme (figura 3)

- Cena “ESTRUTURA”

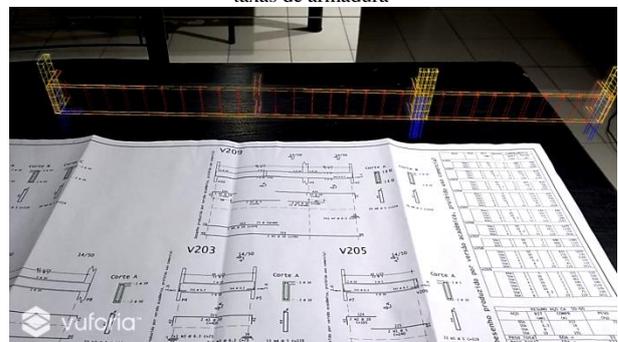
Nesta etapa do desenvolvimento do aplicativo foi proposta uma visualização que regularmente esta restrita apenas para o engenheiro estruturalista. Dessa forma, através da realidade aumentada foi possível levar de maneira prática dados como as taxas de armadura (Tabela 01) contidas em cada elemento representado (Figura 5,6,7).

Esta informação foi considerada pertinente, visto que elementos que possuem uma grande taxa de armadura, também possuíram um grau maior de detalhamento, necessitando assim de uma maior atenção do responsável pela verificação de tal elemento estrutural.

- Cena “VIGA”

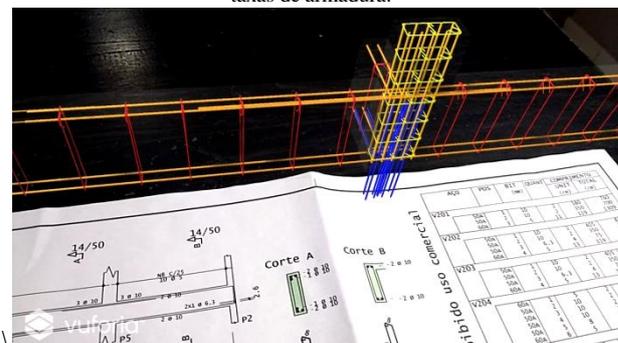
Nesta cena objetivou-se em proporcionar uma visualização melhorada através do uso da realidade aumentada. Vale resaltar que as cores utilizadas nas armaduras tiveram o objetivo de melhorar a visualização e de ajudar a distinguir cada barra de aço.

Figura 08 – Visualização em realidade aumentada mostrando as taxas de armadura



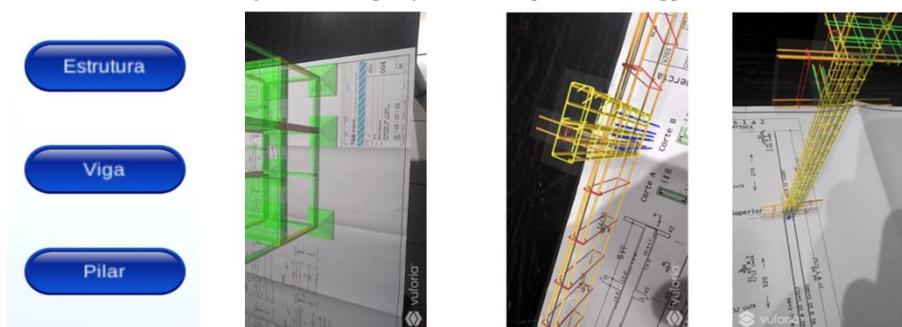
Fonte: Autor

Figura 09 – Visualização em realidade aumentada mostrando as taxas de armadura.



Fonte: Autor

Figura 10 – Disposição das abas pertencentes ao app



a) Menu

b) Estrutura completa

c) Viga

d) Pilar

Fonte: Autor



Tabela 01 – Relação de cores de acordo com as taxas de armadura

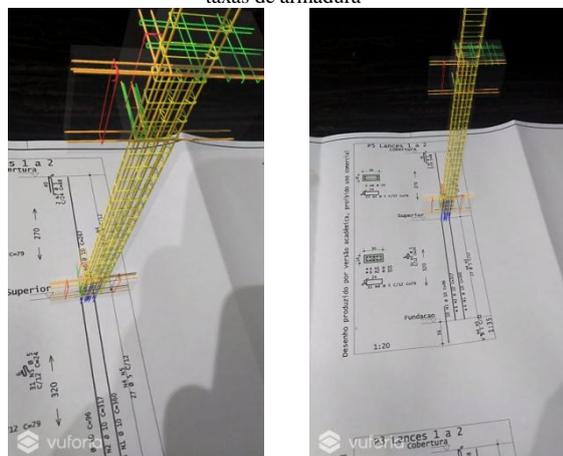
Cores	Intervalo de Taxa de armadura (kgf/m ³).	Taxa de armadura por elemento (kgf/m ³).	Elementos
Vermelho	277.43 - 277.43	277.43	P5
		222.38	P4
Laranja	208.36 - 222.38	208.36	P6
		208.36	P7
Amarelo	132.50 - 132.50	132.50	P1
		132.50	P2
		132.50	P3
		132.50	P8
		132.50	P9
		132.50	P10
Verde	36.82 - 85.17	36.82	Fundação S1 ate S10
		56.57	L1 ate L4 Cobertura
		77.43	L1 ate L4 Superior
		85.17	P1 ate P10 segundo lance

Fonte: Autor

- Cena “PILAR”

Nesta cena objetivou-se em proporcionar uma visualização melhorada através do uso da realidade aumentada. Vale resaltar que as cores utilizadas nas armaduras (Figura 11) tiveram o objetivo de melhorar a visualização e de ajudar a distinguir cada barra de aço.

Figura 11 – Visualização em realidade aumentada mostrando as taxas de armadura



Fonte: Autor

CONCLUSÕES

A engenharia estrutural civil, mesmo diante das diferentes inovações tecnológicas, tem mostrado uma precariedade referente a utilização das mesmas, desencadeando assim um desempenho menor do que ela pode proporcionar. A utilização das tecnologias descritas nesse trabalho vem oferecer uma oportunidade de disseminar e criar um âmbito mais acessível para as práticas tanto de novas tecnologias quanto a aplicação de normas extremamente necessárias como a de desempenho.

Visto esse cenário, estudos referentes a concepção e utilização do BIM juntamente com a Realidade Aumentada, tem muito a contribuir para uma possível mudança favorável nesse quadro.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Jonas H. G., ANDRADE, Max L. V. e BROCHARDT, Mikael M. de S. A. **Aplicações de realidade aumentada no canteiro de obras: proposta de utilização na visualização de projetos de instalações para a execução.** In SIGraDi 2016, Buenos Aires, Argentina, 2016.

BRYDE, David, BROQUETAS, Martí, VOLM, Jürgen Marc. The Project benefits of Building Information Modelling (BIM). **International Journal of Project Management** 31 (2013) 971-980.

DELATORRE, Joyce Paula Martin; SANTOS, Eduardo Toledo. Introdução de novas tecnologias: o caso do BIM em empresas de construção civil. **XV Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 2842-2851, 2014.

FERNADES, Gabriel Aprigliano, **Realidade aumentada aplicada a atividades de inspeção e manutenção em engenharia civil.** Rio de Janeiro, RJ, 2012. 116f. Dissertação (tese de Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

Florio, Wilson. 2007. **Tecnologia da informação na construção civil: Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura.** Universidade Prebisteriana Mackenzie. São Paulo : s.n., 2007.

FREITAS, Márcia Regina. O canteiro de obras brasileiro e a adoção de recursos tecnológicos – em busca de melhoria das práticas da inovação dos processos. **Reec – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Volume 10, nº 1, N.T. 1-6, 2015.**

MACIEL, Marcelo Augusto Costa. **Dificuldades para a implantação de softwares integradores de projeto (BIM) por usuários da cidade de Aracaju / Sergipe.** São Cristóvão, SE, 2014. 99f Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Sergipe, UFS.