



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR – CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL – UACTA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LARA MYLENA DA SILVA

**NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE
PROJETOS: USO DE REALIDADE AUMENTADA E APLICAÇÃO EM CANTEIRO
DE OBRA PÚBLICA NA CIDADE DE PAULISTA-PB**

POMBAL-PB

2020

LARA MYLENA DA SILVA

**NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE
PROJETOS: USO DE REALIDADE AUMENTADA E APLICAÇÃO EM CANTEIRO
DE OBRA PÚBLICA NA CIDADE DE PAULISTA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Corpo Docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos Requisitos Necessários para Obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Ma. Fernanda
Karolline de Medeiros

Coorientador: Rui Ramos de Oliveira

POMBAL-PB

2020

S586n Silva, Lara Mylena da.
Novas tecnologias para concepção e representação de projetos: uso de Realidade Aumentada e aplicação em canteiro de obra pública na cidade de Paulista - PB / Lara Mylena da Silva. – Pombal, 2020.
122 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Profa. Ma. Fernanda Karolline de Medeiros”.

“Coorientação: Rui Ramos de Oliveira”.

Referências.

1. Construção civil. 2. Tecnologia BIM. 3. Realidade Aumentada. 4. Canteiro de obras. 5. Obra pública. I. Medeiros, Fernanda Karolline de. II. Oliveira, Rui Ramos. III. Título.

CDU 69.0(043)

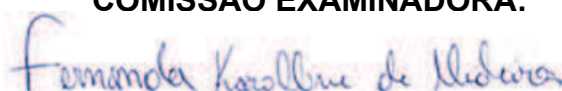
LARA MYLENA DA SILVA

**NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE
PROJETOS: USO DE REALIDADE AUMENTADA E APLICAÇÃO EM CANTEIRO
DE OBRA PÚBLICA NA CIDADE DE PAULISTA-PB**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado pelos Examinadores para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, e aprovado em unanimidade pelos Professores participantes da banca de avaliação.

Trabalho de Conclusão de Curso Defendido e Aprovado em: 24 / Novembro /2020

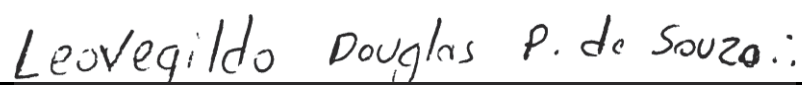
COMISSÃO EXAMINADORA:



Profª Ma. Fernanda Karolline de Medeiros
Orientadora – UACTA/CCTA/UFCG



Prof. Rui Ramos de Oliveira
Coorientador – Engenheiro Civil



Prof. Dr. Leovegildo Douglas Pereira de Souza
Examinador Interno – UACTA/CCTA/UFCG



Prof. Dr. Gerald Norbert Souza da Silva
Examinador Externo – Engenheiro Civil

POMBAL-PB

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus, por ter me ajudado a chegar até aqui, e por todas as dádivas. Foi ele a quem eu mais recorri ao longo de toda minha caminhada de vida, principalmente em meio aos desafios os quais eu nunca imaginei superar e ele sempre esteve ao meu lado.

Depois dele, eu tenho todo o meu agradecimento aqueles que sempre se fizeram presente nos meus bons e maus momentos, à minha família e meus amigos. Em especial à minha avó, Antônia Nunes. Se estou aqui, finalizando este curso, é graças a ela, que sempre fez tudo que podia e não podia para me possibilitar o estudo e a qualidade de vida que ela nunca teve. A senhora é a pessoa mais importante da minha vida. Também a minha tia Francileuda Alves, minha inspiração desde criança e, que, sem dúvidas, se estou aqui hoje, é porque ela contribuiu muito para isso também.

Aos meus amigos, que posso chamar de irmãos, Ana Caroline, Vitória Martins e George Hugo, me faltam palavras para expressar este nosso momento, depois de tanto vivido, cada noite de sono perdida, cada riso, cada afeto... vocês são muito especiais para mim. Obrigada por terem compartilhado dessa caminhada sempre juntos e terem trazido a leveza até nos momentos de aflição. A Ingrid Sammara, obrigada por estar sempre ao meu lado, desde o dia da minha aprovação no Enem até hoje, ela e Jonathas Santos, que sempre ouviram todas as minhas lamentações, angústias e conquistas ao longo desse trabalho, fizeram-se presentes até quando não precisei. Me ajudaram nos testes, nas leituras, nas opiniões; eles foram cruciais; obrigada por tudo.

Não posso deixar de agradecer também às minhas amigas, as quais também posso chamar de irmãs, Benedita Caroline, Gabrielly Soares, Maria Celina, Nathália Letícia e Wanessa Nóbrega, que estiveram ao meu lado, não só ao longo da jornada acadêmica, mas também da vida. Também ouviam muitas das minhas lamentações com a empatia de poucos, apoiaram-me sempre que precisei. Obrigada por tudo.

Toda minha gratidão também ao corpo docente do CCTA, por toda a troca de conhecimento, e por todo o empenho em nos trazer o aprendizado, mesmo com todas as limitações de um campus novo. Em especial, eu gostaria de agradecer aqueles professores que se fizeram amigos, que acolheram, motivaram, e deixaram muitas lições, não só de engenharia, mas de vida também. Meu professor e amigo,

Leovegildo Douglas, obrigada por todo conhecimento que tens o prazer em compartilhar, pelas oportunidades profissionais, pela confiança em mim, e por ser inspiração sempre.

A Fernanda Karolline, minha orientadora, que mesmo tão sobrecarregada, me acolheu em seu time de orientandos e se fez presente todas as vezes que precisei. És um ser humano admirável e que faltam-me palavras para descrevê-la. Obrigada por tudo.

Ao meu coorientador, Rui Oliveira, eu agradeço toda a atenção para comigo desde o dia que nos conhecemos. Obrigada por ter visto em mim o que eu mesma não enxergava, e ter me motivado e me passado tanto do seu conhecimento. Através dessa sua motivação, eu consegui me encontrar na engenharia e ter as primeiras oportunidades profissionais. Sou eternamente grata.

Meus agradecimentos também a todos integrantes da Augin, e que foram extremamente atenciosos e dispostos a sanar qualquer dúvida existente em relação a sua plataforma, até quando não estavam em horários de serviço, me atenderam e me ajudaram. Todo sucesso à equipe.

Agradeço também a todos que compõem o nosso campus: administradores, técnicos, terceirizados, meus colegas de turma e aos demais amigos que pude fazer ao longo dessa jornada acadêmica. Também sou grata a toda população brasileira, que é a responsável por nos proporcionar a oportunidade de ter um curso superior em uma instituição federal. Espero poder retribuir com todo meu conhecimento e ajudar pessoas, como forma de demonstrar toda minha gratidão.

E por fim, eu agradeço mais uma vez a Deus, por me fazer uma pessoa tão privilegiada, por tudo que tenho, por cada aprendizado e por cada pessoa que ele colocou na minha vida.

“[...] Mantenham-se firmes, e que nada os abale. Sejam sempre dedicados à obra do Senhor, pois vocês sabem que, no Senhor, o trabalho de vocês não será inútil.”

(1 Coríntios 15:58)

RESUMO

A tecnologia para otimização de processos e melhoria dos produtos vem sendo aplicada em grande escala e nos inúmeros setores. No entanto, muito ainda precisa ser feito e introduzido para sanar problemas ainda existentes no âmbito da construção civil, a fim de tratar erros que ocasionam o consumo desnecessário de recursos naturais usados nessa indústria, erros construtivos que originam patologias e redução de gastos por meio de cronogramas e orçamentos fiéis ao projeto bem integrado. Essa pesquisa visa apresentar a Realidade Aumentada através de uma revisão bibliográfica que aborda os seus conceitos e aplicações, além de enaltecer como ela pode ser tida como uma ferramenta BIM, e mostrar na prática o uso de suas ferramentas na elaboração de folhas projetuais. Além disso, buscou-se avaliar sua aceitação quanto ao uso em canteiro de obras, perante a equipe de execução de uma obra Pública, na cidade de Paulista-PB. Para tal, foram usados projetos referentes a um edifício já construído, o qual teve suas disciplinas modeladas no *software* Revit, provindo de projetos geométricos feitos no AutoCAD 2D. A partir desses modelos foram criados dois tipos de folhas projetuais, a original da edificação e a já com características BIM portando a Realidade Aumentada, que em seguida foram usadas para apresentação ao grupo focal da pesquisa. Como resultado, foi possível notar as etapas do incremento da Realidade Aumentada a um projeto e também os benefícios advindos através da visualização de um modelo até então em 2D ou 3D com vista limitada. Ao apresentar tais ferramentas aos trabalhadores, foi obtida uma avaliação positiva no quesito de visualização e entendimento, quando comparada a forma convencional de disposição dos projetos levados para a obra. Além dessa avaliação, foi feita uma análise que apontou as vantagens e desvantagens encontradas ao longo de todo o processo, ressaltando que a Realidade Aumentada é prática e que pode sim somar no ramo da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, mas assim como nos demais *softwares* já usuais em projetos, a ferramenta ainda precisa ser aprimorada, e não elimina a necessidade de um operador que saiba usá-la, para que a mesma possa ser bem aplicada.

Palavras-chave: BIM; Realidade Aumentada; Canteiro de Obras.

ABSTRACT

Technology has been applied on a large scale and in numerous sectors, allowing to optimize and improve various processes. However, much needs to be done and introduced to solve problems that still exist in the scope of civil construction, in order to deal with errors that cause unnecessary consumption of natural resources, constructive errors that cause pathologies and reduction of expenses through faithful schedules and budgets well integrated into the project. This research aims to present Augmented Reality through a bibliographic review that addresses its concepts and applications, in addition to highlighting how it can be seen as a BIM tool, and to show in practice the use of its tools in the elaboration of project sheets. In addition, an attempt was made to evaluate the acceptance regarding its use at a construction site, before a public construction team in the city of Paulista-PB. For this purpose, projects referring to a building already constructed were used, which had its disciplines modeled in BIM *software*, coming from geometric designs made in AutoCAD 2D. From these models, two types of project sheets were created, the original of the building and the one in BIM bearing Augmented Reality, which were then used to present to the research focus group. As a result, it was possible to notice the steps of increasing Augmented Reality to a project, as well as the benefits arising from the visualization of a model hitherto in 2D or 3D with limited view. When presenting these tools to workers, a positive assessment was obtained in terms of visualization and understanding, when compared to the conventional way of disposing of the projects taken to the site. In addition to this evaluation, an analysis was made that pointed out the advantages and disadvantages found throughout the process, emphasizing that AR is practical and that it can add up to the Architecture, Engineering and Construction industry, but as in other softwares, the tool still needs to be improved, and does not eliminate the need for an operator who knows how to use it, so that it can be well applied.

Keywords: BIM; Augmented Reality; Construction site.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uso de Projetos impressos em obras.....	19
Figura 2: Ciclo de vida do BIM na cadeia de desenvolvimento da AEC.....	21
Figura 3: Diorama de Danguerre, 1821.....	25
Figura 4: Estereoscópio, Wheaststone,1839.....	26
Figura 5: Estereoscópio lenticular, Brewster.....	27
Figura 6: <i>View Master</i> , William Gruber, 1939.....	27
Figura 7: Protótipo do Sensorama.....	28
Figura 8: <i>Sketchpad</i> , Ivan Sutherland (1963).....	29
Figura 9: Head Mounted Display, Ivan Sutherland.....	29
Figura 10: Data Glove, Visual Programming Languages.....	30
Figura 11: EyePhones, Visual Programming Languages.....	31
Figura 12: Cronograma, origem da Realidade Virtual.....	31
Figura 13: Simulador de direção.....	33
Figura 14: Aplicação de Realidade Aumentada para estudos de anatomia.....	34
Figura 15: Uso da Luva de RA.....	37
Figura 16: Componentes básicos de um sistema de RA móvel.....	38
Figura 17: Exemplo de RA Móvel com uso de Tablet.....	38
Figura 18: Caneta touch-screen.....	39
Figura 19: Experiências do projeto <i>Inform</i>	40
Figura 20: Óculos de Realidade Aumentada.....	42
Figura 21: Dispositivos Portáteis em uso para RA.....	43
Figura 22: Uso de Marcadores na RA.....	44
Figura 23: Catálogo de produto, com aplicação de Realidade Aumentada.....	46
Figura 24: Bancada de realidade aumentada.....	46
Figura 25: Realidade Aumentada em Jogos.....	47
Figura 26: Cirurgias utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada.....	48
Figura 27: Visualização de Anatomia Humana a partir de óculos de Realidade Aumentada.....	49
Figura 28: Inspeção Predial com uso de Realidade Aumentada.....	50
Figura 29: Maior marcador de RA do mundo.....	51
Figura 30: Ajuste de Escala.....	57
Figura 31: Reconhecimento de superfície no Augin para RA.....	58

Figura 32: Uso de Alvo Padrão	59
Figura 33: Inserindo texturas no Augin	60
Figura 34: Aplicação do <i>Reference Tracker</i>	61
Figura 35: Visualizando a experiência 4D.....	61
Figura 36: Visualizando vídeos presente na folha de projeto, através do aplicativo Augin.....	63
Figura 37: Informações BIM de elementos em IFC	64
Figura 38: Modelo arquitetônico em 3D e construção finalizada	67
Figura 39 - Projetos Estrutural e Hidrossanitário	68
Figura 40: Pavimento tipo da edificação	68
Figura 41: Região de projeto	69
Figura 42: Projeto elétrico em AutoCAD	70
Figura 43: Modelo em interface 3D no Augin.....	71
Figura 44: Uso do Alvo-padrão e Informações BIM, no projeto elétrico.....	72
Figura 45: Visualização do Modelo Federado.....	73
Figura 46: Cenário central da obra de aplicação do estudo.....	76
Figura 47: Modelagem do projeto de instalações elétrica.....	79
Figura 48: Visualização do primeiro modelo em RA	80
Figura 49: Incompatibilidades entre projetos Hidrossanitário e Arquitetônico.....	81
Figura 50: Incompatibilidades no projeto Hidrossanitário	82
Figura 51: Incompatibilidade entre projetos Hidrossanitário e Estrutural	83
Figura 52: Incompatibilidades entre projetos Elétrico e Arquitetônico	83
Figura 53: Amostra de conformidades	84
Figura 54: Códigos para visualização da RA na Folha-02	85
Figura 55: Visualização por alvo-padrão e verificação de informações BIM.....	86
Figura 56: <i>Plugin</i> Augin.....	117
Figura 57: Vista 3D e Augin	118
Figura 58: <i>Upload</i> da vista	118
Figura 59: Primeiro passo para criação do modelo federado	119
Figura 60: Segundo passo para criação do modelo federado	119
Figura 61: Primeiro passo para criação da experiência em vídeo	121
Figura 62: Segundo passo para criação da experiência em vídeo	122
Figura 63: Terceiro passo para criação da experiência em vídeo	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Usos do BIM.....	22
Quadro 2: Aplicativos de RA.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Apresentação das respostas preliminares.....	88
Gráfico 2: Interpretação de projetos.....	89
Gráfico 3: Avaliação das ferramentas de RA.....	90
Gráfico 4: Formas de visualização da RA.....	91
Gráfico 5: Uso da RA no canteiro.....	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2D - Duas dimensões
3D - Três dimensões
4D – Quatro Dimensões
CAD - <i>Computer Aided Design</i>
RA - Realidade Aumentada
RV - Realidade Virtual
AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM – <i>Building Information Modeling</i>
DWG – <i>Drawing- standard AutoCAD drawing file format</i>
DXF – <i>Drawing Exchange Format</i>
IFC – <i>Industry Foundation Classes</i>
IFD – <i>International Framework for Doctionaries</i>
FBX – <i>Filmbox</i>
IDM/MVD – <i>Iformation Delivery Manual / Model View Definition</i>
RVT – <i>Autodesk Revit files</i>
FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
LOD – <i>Level of Development</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	Formas de visualização de projetos	19
3.2	Metodologia BIM	20
3.3	BIM BR	23
3.4	A história da “Realidade”	25
3.5	Realidade Virtual	32
3.6	Realidade Aumentada	33
3.7	Realidade Virtual x Realidade Aumentada	34
3.8	Técnicas de interação aplicadas a Realidade Aumentada	35
3.8.1	Interfaces baseadas em Gestos	36
3.8.2	Realidade Aumentada Móvel (<i>Walking</i>)	37
3.8.3	Reconhecimento de Gestos (<i>Pen Stroke</i>)	39
3.8.4	Interfaces Tangíveis	39
3.9	Dispositivos de visualização	40
3.9.1	Anexados à cabeça (<i>Head-attached displays</i>):	41
3.9.2	(<i>Hand-Held displays</i>):	42
3.9.3	Espaciais	43
3.10	Usos da Realidade Aumentada	44
3.11	Interoperabilidade	51
3.11.1	FBX	53
3.12	Softwares de Realidade Aumentada	53

3.12.1	Funcionalidades Augin.....	57
4	METODOLOGIA.....	65
4.1	Considerações iniciais.....	65
4.2	Aplicação da metodologia proposta.....	66
4.2.1	Apresentação do Modelo.....	66
4.2.2	Região de estudo.....	68
4.2.3	Modelo de instalações Elétricas.....	69
4.2.4	Aplicação da Realidade Aumentada.....	70
4.2.4.1	Visualização do Modelo Federado.....	73
4.2.5	Elaboração de folhas de projetos.....	74
4.2.5.1	Projeto escolhido para aplicação.....	74
4.2.6	Organização da Folha-01 de projeto.....	75
4.2.7	Organização da Folha-02 de projeto, em BIM.....	75
4.2.8	Experiência em Vídeo.....	75
4.2.9	Realidade Aumentada do modelo.....	76
4.2.10	Aplicação Prática do estudo.....	76
4.2.10.1	Elaboração dos Questionários.....	77
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
5.1	Complemento dos modelos.....	79
5.2	Visualização do modelo em RA.....	79
5.2.1	Detecção de conflitos por RA.....	80
5.3	Organização da Folha-01 de projeto.....	84
5.4	Elaboração da Folha-02 de projeto, em BIM.....	85
5.5	Apresentação da RA no canteiro de obras.....	86
5.5.1	Resultados da Etapa-01.....	87
5.5.2	Resultados da Etapa-02.....	89
6	Conclusões.....	93

6.1	Considerações gerais	94
6.1.1	Visualização da RA:.....	94
6.1.2	Visualização de Interferência pela RA:.....	95
6.1.3	Uso da RA em canteiro:.....	95
	REFERÊNCIAS.....	97
	APÊNDICES	111
	APÊNDICE 1 - Questionários.....	111
	APÊNDICE 2 - Termo de consentimento livre esclarecido (TCLE)	115
	APÊNDICE 3 – Envio dos modelos para o <i>software</i> Augin.....	117
	APÊNDICE 4 – Criação do modelo federado - Plataforma Augin.....	119
	APÊNDICE 5 – Criação da experiência em vídeo - Plataforma Augin.....	121
	APÊNDICE 6 – Folha de projeto 01	123
	APÊNDICE 7 – Folha de projeto 02	125
	ANEXO 1 – Alvo-padrão para visualização do projeto da folha-02.....	127

1 INTRODUÇÃO

A conjuntura da globalização trouxe às empresas a constante necessidade de se tornarem mais competitivas. Para isso elas precisam estar sempre atualizadas quanto às novas tecnologias e sistemas de produção, visando a melhoria de seus produtos, otimização de processos, economia e conseqüentemente, maior lucro.

Segundo Nascimento e Santos (2003), a indústria da construção é vista como atrasada quando comparada com outros setores, em termos de tecnologias. A cada dia a busca por novos e melhores produtos vem aumentando, e a demanda por projetos mais complexos e inovadores exige muito da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), que tem um papel essencial na economia mundial, necessitando por sua vez, passar por uma verdadeira revolução tecnológica, com o intuito de sanar a grande quantidade de falhas existentes no meio, consumos desnecessários de recursos naturais e otimização dos processos construtivos.

A indústria da AEC é muito ampla, e são muitos os passos e os profissionais envolvidos até chegar na fase final do produto, seja ele uma obra de pequeno porte, um edifício, rodovias, portos, aeroportos etc. Por causa disso, e dá má comunicação entre os colaboradores, sejam eles pessoas, *softwares* ou maquinários, um pequeno erro pode acarretar problemas em toda a cadeia de produção.

Estas falhas geralmente começam logo nas primeiras etapas projetuais, que quando não tem suas disciplinas compatibilizadas acaba levando os erros para a fase seguinte, de execução, implicando diretamente nos processos e cronogramas executivos, gerando possíveis improvisos que possivelmente fugirão do orçamento e planejamento elaborado para tal construção. Neste simples exemplo, já podemos ter uma pequena amostra da importância de sanar o máximo de imperfeições possíveis neste ramo.

Como alternativa para solucionar as problemáticas existentes, surgiu o BIM (*Building Information Modeling*) metodologia produtiva que permite integrar melhor os projetos, bem como, os processos envolvidos a construção, melhorando a qualidade, com menores custos e tempo de projeto (EASTMAN et al., 1992).

Oliveira (2018) sabiamente ressalta os pilares dessa inovação, sendo eles a tecnologia, políticas, processos e pessoas, propondo trazer soluções que possibilite uma maior integração entre as equipes e a informação geradas.

O BIM trouxe inúmeras novidades para o mercado, que por muitas vezes não têm sido usadas em sua totalidade de potencial, têm sido mal-entendidas ou até mesmo não notadas. A Realidade Aumentada (RA) é umas dessas ferramentas; e como o próprio nome já intui, ela é capaz de nos propor uma percepção quase legítima de um modelo, permitindo a inserção do objeto no meio físico em tempo real. Sinteticamente, significa que a RA adiciona o mundo possível com os computadores a imagens do ambiente físico dos seres humanos (Amim, 2007).

Segundo Kirner e Tori (2004) esta tem se destacado por sua multidisciplinaridade, como aplicações na medicina, entretenimento, treinamentos militares etc.; e aos poucos tem sido inserida no mundo da AEC.

Embora na teoria a RA tenha ampla aplicação, ela tem sido aceita mais em áreas como campanhas publicitárias e marketing, onde tudo é pensado com o intuito de atrair clientes para seus produtos das formas mais criativas e tecnológicas possíveis; e deixado questionamentos em relação a sua real relevância no meio das construções. A RA vai além do marketing? Ajudaria na concepção de projetos? Poderia trazer benefícios construtivos? É viável? Como podemos aplicá-la?

Com base nisso, o presente estudo tem como objetivo o levantamento de todas as potencialidades da Realidade Aumentada no campo em questão, e sanar alguns dos questionamentos existentes em relação a essa aplicação. Para conseguir as respostas foi pensado no uso da RA desde a fase de projeto, onde os projetistas poderiam visualizar os modelos ao longo do seu desenvolvimento; até sua composição nas folhas finais enviadas para o canteiro de obras, usando-as para apresentar também a equipe de execução, a fim de medir a aceitação prévia da metodologia.

No dia 16 de maio de 2018, o Governo Federal brasileiro lançou a **Estratégia BIM BR** para disseminação do modelo, tendo como intuito promover a inovação na indústria da construção civil, instituída pelo Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Essa iniciativa tomada pelo governo instiga a aplicação da tecnologia, logo, precisa-se levar a mesma para realidade das obras o quanto antes e medir sua eficiência, dificuldades de implantação e necessidades. Por isso, além de fazer uma revisão bibliográfica sobre a RA, o estudo tem o intuito de testar a aceitabilidade da equipe de execução de uma obra pública, fazendo a apresentação da tecnologia em questão.

A estrutura do trabalho foi dividida da seguinte maneira: primeiro foi desenvolvida as pesquisas e elaboração da revisão bibliográfica, indo desde o

surgimento das realidades, aparelhos e modos de uso, até a sua atual aplicação no mercado. Posteriormente, foi elaborado um estudo de caso aplicando a RA como novo componente de apresentação de um projeto. Para isso, foi escolhido um modelo já desenvolvido por Oliveira (2018) em seu estudo sobre “FERRAMENTAS BIM ASSOCIADAS À REALIDADE VIRTUAL NA DETECÇÃO DE CONFLITOS GERADOS POR GEOMETRIAS 2D”, o qual ele comparou um edifício construído com base em projetos feitos de modo convencional, limitados ao 2D e algumas poucas vistas isométricas; com o modelo em BIM, modelado pelo autor. E agora, tem como proposta, neste estudo, a comparação no que diz a evolução das pranchas de projeto, que serão mostradas no canteiro na sua primeira versão (2D), e sua versão já em BIM somadas às funcionalidades atualizadas da RA.

Por fim, foram aplicados questionários que mostraram as respostas da equipe de obra ao que diz respeito a facilidade de uso e interpretação da nova tecnologia apresentada, fazendo em um primeiro momento a captação de informações mais pessoais, que pudessem interferir no uso ou não da RA; e na segunda parte, perguntas comparativas sobre as folhas apresentadas e avaliação geral da RA. No Apêndice 01 estão dispostos os questionários, enquanto no Apêndice 02 encontra-se o termo de consentimento, que deveria ser assinado pelo público alvo para permitir o uso de suas respostas para fins desta pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo é mostrar as alternativas projetuais por Realidade Aumentada, além de verificar sua viabilidade de aplicação e aceitação em obra pública, na cidade de Paulista-PB.

2.2 Objetivos Específicos

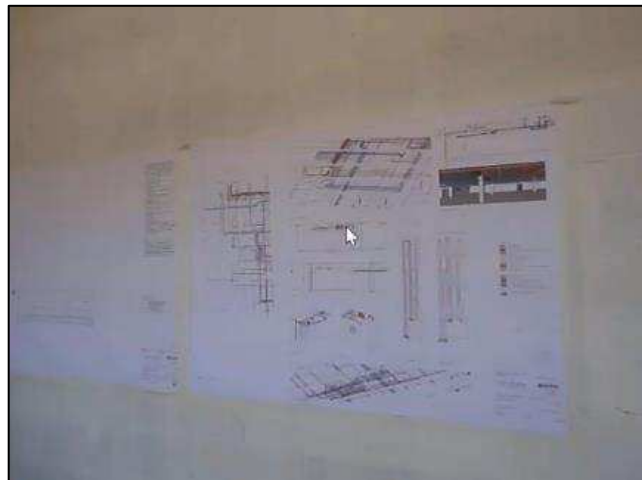
- Descrever a tecnologia que constitui o tema central desta investigação – a Realidade Aumentada;
- Analisar as potencialidades da Realidade Aumentada como ferramenta projetual, designadamente das diversas fases de planeamento e projeto;
- Aplicação da RA para visualização de projetos em obra pública na cidade de Paulista-PB;
- Elaborar um conjunto de considerações sobre o estudo prático realizado, apresentando as vantagens e dificuldades que advêm do uso da RA no contexto de projeto e aplicação em obras.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Formas de visualização de projetos

Atualmente existem diversas ferramentas tecnológicas para criação de um modelo. Os *softwares* têm possibilitado cada vez mais uma ilustração realística, quando apresentadas na tela no computador, no entanto, a forma de apresentação mais utilizada para fase de execução são por meio de projetos impressos e também por manuais de instruções. Existem grandes problemas que circundam esse modo, como: limitação ao 2D; representações isométricas/3D com região limitada; grande número de informações, que chega a deixar o projeto esteticamente saturado; dificuldade de manuseio sem danificar o papel, dentre outros fatores. A Figura 1 mostra a aplicação dos projetos impressos e dispostos no canteiro de obras.

Figura 1: Uso de Projetos impressos em obras



Fonte: adaptado, Oliveira (2018)

Podemos citar a Realidade Aumentada (RA) como uma forma de visualizar projetos. Usando de *QR Codes* e impressos, para representar mais detalhadamente o que se tinha na folha 2D, de forma mais detalhada e realista. Sousa (2012) também cita algumas vantagens, dentre elas estão a melhora da intercomunicação entre inventor e executor; simplificação de avaliações de projetos; avaliação de novas alternativas em casos de quebra de planejamento inicial, um melhor acompanhamento para execução e podemos ainda fazer uma observação em relação a escala do

modelo, que com a RA poderá tomar tamanhos reais, tendo assim uma melhor representação.

Zevi (1996, p. 51 apud ARAÚJO, 2018, p. 34-35) faz uma analogia interessante para explicar a carência em termos de visualização de projetos, dizendo que “Existe um elemento físico e dinâmico na criação e apreensão da quarta dimensão com o próprio caminho: é a diferença que existe entre praticar esporte e olhar os outros enquanto praticam”. É perceptível que há uma necessidade de aperfeiçoar a forma de criar e visualizar as concepções de modelos, de maneira a evitar erros na interpretação e conseqüentemente na execução da edificação.

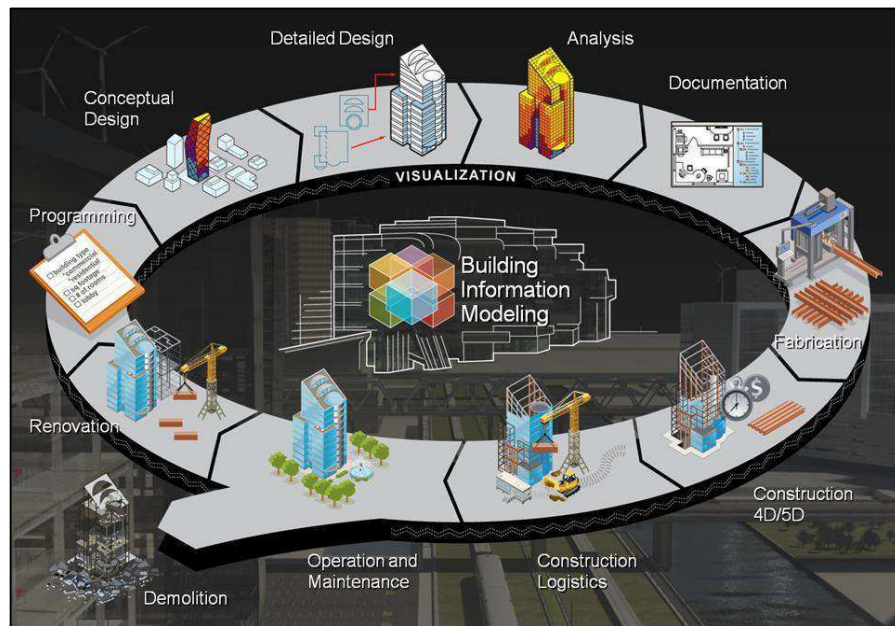
3.2 Metodologia BIM

O BIM é um termo complexo, que tem sido adotado nos dias atuais e é tido como um processo revolucionário. Para melhor entendimento do modelo, é preciso agrupar todos os conceitos, que já lhes foram adotados, a fim de chegar numa definição completa. “O BIM é considerado um dos avanços tecnológicos mais promissores da atualidade na Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)” (EASTMAN et al., 2014). Segundo Aguilar e Azevedo (2015) BIM é o acrônimo do conceito de *Building Information Modeling*, que ao ser traduzido para o português significa Modelagem da Informação da Construção.

Mendes (2017) afirma que o BIM é visto por muitos como sendo apenas um *software* ou uma plataforma digital criada para desenvolver projetos, no entanto, esta tecnologia vai bem mais além. Pode-se dizer que essa tecnologia é um conceito que revolucionou a indústria AEC trazendo uma nova forma de projetar e gerenciar um empreendimento, mostrando que o acompanhamento se dá não só no intervalo entre concepção do projeto e entrega final, mas em todo o ciclo de vida da construção.

Santos (2007) complementa que através da tecnologia BIM é possível desenvolver um modelo digital e integrado da edificação, capaz de contornar todo seu ciclo de vida. Mas para isso, o projetista precisa alimentar o modelo com informações sobre cada componente do projeto, e no final poderá visualizar o protótipo com todas as características estabelecidas. A Figura 2 mostra o ciclo citado:

Figura 2: Ciclo de vida do BIM na cadeia de desenvolvimento da AEC



Fonte: (MÜNCH, 2016)

Campbell (2007) também defende o BIM como uma importante ferramenta, acreditando que ele seja capaz de contribuir na integração dos processos a partir da consequente redução de ineficiências e redundâncias que ainda acontecem na indústria AEC. O pesquisador ainda ressalta o aumento da colaboração e comunicação, que o modelo pode trazer, garantindo melhores resultados de produtividade.

Já foram ditas as definições e as capacidades dessa ferramenta, no entanto, é preciso ressaltar de forma mais minuciosa quais são as suas diversas funcionalidades. Azhar (2011, p.242-243) apresenta alguns desses dados, sendo eles: 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.

Eastman et al.(2014, p.16-21) reforça também os benefícios do modelo, que iniciam desde a fase de concepção até a operação, pela facilidade de visualização precisa, correções automáticas das mudanças feitas, criação instantânea dos desenhos em 2D, compatibilização com as demais disciplinas de projeto, extração direta de quantitativos, sincronização com o planejamento, melhor gerenciamento e operação das edificações.

O movimento de representação base do projeto de um edifício a partir de um conjunto de desenhos (mesmo que produzidos digitalmente) para um modelo de edifício tem muitos benefícios diretos potenciais: desenho automaticamente consistentes, identificação e remoção de interferências espaciais, preparação da lista de materiais automática e precisa, suporte melhorado à análise, aplicações de custos e cronogramas, entre outros. A modelagem tridimensional por meio de todo o projeto facilita a sua coordenação e revisão; essas capacidades levam a desenhos mais precisos, à elaboração mais rápida e produtiva de desenhos e à melhoria na qualidade final do projeto (EASTMAN et al., 2014, p. 195).

Complementando as teorias acima citadas, Succar (2009) apresenta os usos do BIM, tanto na fase de projeto quanto de construção, mostrados no Quadro 1:

Quadro 3: Usos do BIM

PROJETO	Visualização	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos com visualização 3D; • Controle de ciclos de revisões; • Documentos e detalhamentos; • Representação realística; • Realidade Virtual; • Realidade Aumentada;
CONSTRUÇÃO	Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Construção virtual; • Tecnologias móveis para uso no canteiro; • Planejamento e controle de produção.

Fonte: Adaptado de Succar (2009)

Succar (2009), comprovou que são diversas as utilidades do modelo BIM, inclusive que a Realidade Aumentada também está inclusa nesse novo modelo de desenvolvimento. Com todos os conceitos acima citados, pode-se notar que o modelo realmente já está revolucionando as formas de projetar.

3.3 BIM BR

Para saber a aceitação do uso da RA em obras públicas brasileiras, é importante saber como está se dando o encaminhamento das tecnologias na indústria AEC no Brasil. Um dos maiores avanços no assunto partiu do governo, que em 17 de maio de 2018, instituiu o decreto nº 9.377, que consiste em um plano de disseminação da tecnologia BIM no país por meio da Estratégia BIM BR, que tem como objetivo a promoção de um ambiente favorável ao investimento em *Building Information Modelling* (BRASIL, 2018). A obrigação do uso do BIM se dá de forma indireta, tendo em vista que o governo “não obriga”, mas exige e dará preferência aos projetos que adotarem a tecnologia.

A estratégia BIM BR dispõe dos seguintes objetivos específicos:

- Difundir o BIM e seus benefícios;
- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- Criar condições favoráveis para investimentos, público e privado em BIM;
- Estimular a capacitação em BIM;
- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com o uso do BIM;
 - Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
 - Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
 - Estimar o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
 - Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM;

Como forma de incentivar o mercado, o poder público pretende estimular o uso do BIM em obras públicas, e para isso foi pensado em três fases cruciais para essa implementação (BRASIL, 2018):

Primeira fase: Inicia-se a partir de janeiro de 2021, e terá como foco os projetos de AEC para novas construções, ampliações ou reabilitações, de porte significativo. Nesta etapa, a elaboração de projetos de arquitetura e engenharia referentes às disciplinas de estruturas, hidráulica, AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado) e elétrica, além de detecção de interferências, extração de

quantitativos, revisão dos modelos e geração de documentações gráficas, terão como proposta a exigência BIM (BRASIL, 2018).

Segunda fase: Tem como data prevista janeiro de 2024, levará em consideração etapas referentes ao processo de execução do projeto, como o planejamento da execução da obra, ainda nas dimensões de construções novas, reformas ampliações ou reabilitações quando consideradas de grande relevância. As atividades antevistas serão às mesmas que contempladas na primeira fase, com adicional: na orçamentação, planejamento da execução de obras e atualização do modelo junto de suas informações de como foi construído (BRASIL, 2018).

Terceira fase: Planejada para se iniciar em janeiro de 2028, abrangerá todo o ciclo de vida da obra ao considerar atividades do pós-obra. Nesta fase as construções de média relevância serão acrescidas, juntamente com os serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua conclusão (BRASIL, 2018).

Além do planejamento de fases para inserir em obras públicas, ainda existia a necessidade de uma normatização para as modelagens em BIM. Então, em 2009 o Ministério do Desenvolvimento, indústria e comércio exterior (MDIC), criou a Comissão Especial de Estudo da Modelagem de Informação da Construção – ABNT/CEE 134. O comitê tinha como intuito elaborar às normas referentes a nova essa nova tecnologia, e até mesmo sistemas de classificação de elementos e componentes da construção (MakeBIM, 2017).

Catelani e Toledo (2016), defende que a proposta é que as normas derivadas desse plano sejam divididas em sete partes, mas que atualmente apenas quatro delas já foram publicadas e as demais estão em fase de desenvolvimento.

Os normativos já publicados são os seguintes:

ABNT NBR ISO 12006-2:2018: Construção de edificação, Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação;

ABNT NBR 15965-1:2018: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura;

ABNT NBR 15965-2:2012: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção;

ABNT NBR 15965-3:2014: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 3: Processos da construção;

ABNT NBR 15965-7:2014: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 7: Informação da construção

Ainda segundo Catelani e Toledo (2016) as partes que faltam ser finalizadas são:

Parte 4: Funções, equipamentos e componentes;

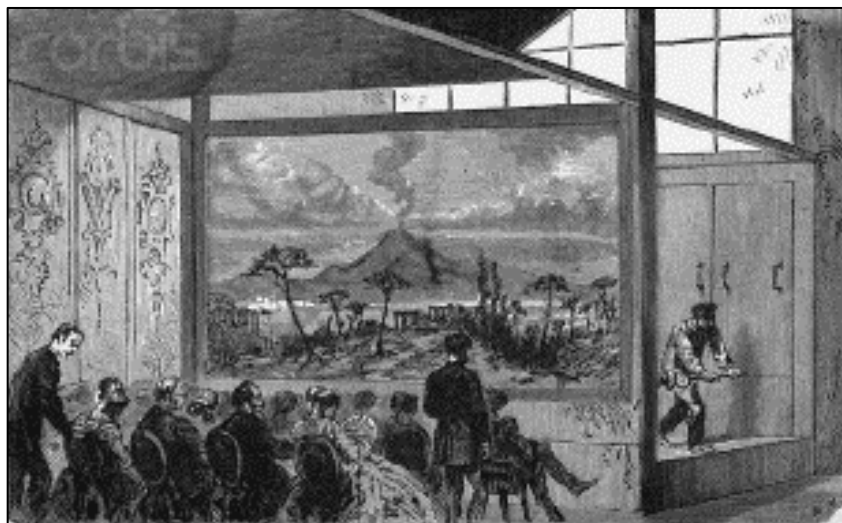
Parte 5: Elementos e resultados das Construção.

3.4 A história da “Realidade”

Para Cunha (2017) é crucial para o entendimento dos conceitos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, retroceder 200 anos na história da humanidade, para que assim seja possível acompanhar toda a evolução tecnológica em volta do tema. Em seu trabalho, a autora cita importantes enciclopédias históricas que são de grande relevância para o seu estudo de Realidade Virtual.

Um dos livros citados por Cunha (2017) foi o *Nineteenth-century photography*, no qual pode-se verificar uma obra publicada por Danguerre, no ano de 1821, chamado de Diorama. O artista criou telas com tamanhos consideráveis e que tinham paisagens em ambos os lados, feitas sobre um tecido bastante transparente. Para dar mágica a sua criação, Danguerre colocava um espelho escondido em cima das telas para poder usá-los para redirecionar a luz vinda do exterior para as telas, causando assim mutações de panoramas impressionantes que simulavam efeitos naturais de tempo, movimento e luz, contrastando os ambientes interno e externo (HANNNAVY, 2008). A Figura 3 mostra como seria a apresentação do Diorama.

Figura 3: Diorama de Danguerre, 1821

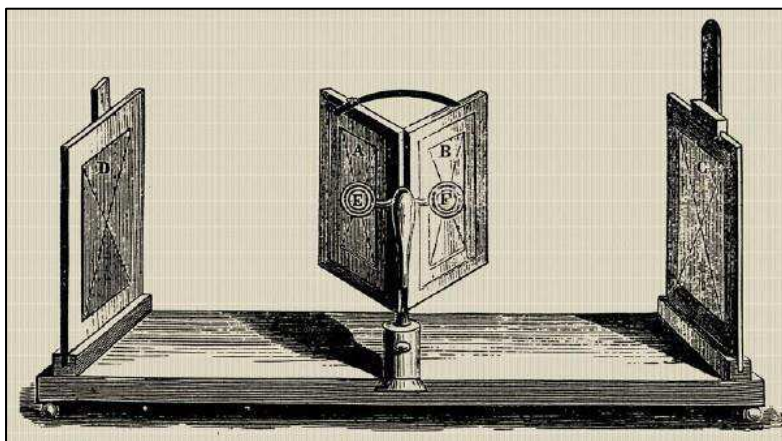


Fonte: (AUSTEN, 2011)

Hannavy (2008) aborda também em seu livro que alguns anos depois, mais precisamente em 1838, um passo muito importante na história da realidade e da fotografia, dado por Charles Wheatstone. Ele havia começado a estudar como o cérebro humano desenvolvia suas funções de processamento de imagens capturadas. A fim de entender tal funcionalidade, ele desenvolveu um experimento que se resumia em dispor duas imagens lado a lado para observá-las a partir de um estereoscópio como mostrado na Figura 4. Como resultado ele descobriu que ao fazer isso conseguia obter uma sensação de profundidade, distância e tamanho dos objetos; ele acabava de proporcionar a visão tridimensional das imagens. Onze anos depois do experimento, David Brewster reinventou o *design* do estereoscópio. Ele foi pensado por Wheatstone, dando origem ao estereoscópio lenticular Figura 5.

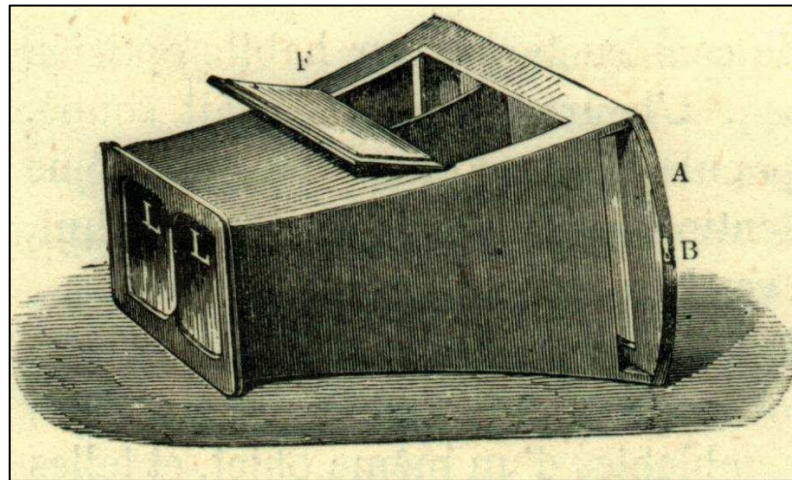
Ainda na Figura 4 é possível entender como foi realizado o experimento de Wheatstone. As imagens idênticas a serem projetadas são as telas apresentadas como “D” e “C”, de forma estática, elas eram refletidas pelos espelhos “A” e “B”. Para finalizar o ensaio era preciso que o indivíduo se posicionasse no centro do experimento e direcionasse sua visão aos pontos “E” e “F”, para que, assim, conseguisse afirmar as sensações descritas no experimento.

Figura 4: Estereoscópio, Wheatstone, 1839



Fonte: (FIGUIER, 1869)

Figura 5: Estereoscópio lenticular, Brewster



Fonte: (FIGUIER, 1876)

Hannavy (2008) enriquece sua obra com mais um fato importante na história das fotografias e conseqüentemente das tecnologias de imagens atuais. O autor retrata um modelo melhorado do estereoscópio surgido no ano de 1939, e patenteado por William Gruber como “*View Master*”. O aparelho possibilitava a introdução de cores às fotografias e sua principal utilização se deu no campo do entretenimento. A Figura 6 mostra o aparelho citado.

Figura 6: *View Master*, William Gruber, 1939



Fonte: (CUNHA, 2017)

Ao passar dos anos surgiu uma nova invenção de relevância no enredo das Realidades, o chamado Sensorama. No ano de 1956, uma época em que as fotografias e o cinema já tinham se difundido na sociedade, o cineasta Morton Heilig

arquitetou uma cabine que possibilitava juntar o vídeo, ao som estéreo, vibrações mecânicas e ar em movimento, este por sua vez, criado com o auxílio de ventoinhas (PIMENTEL, 1995). Com base nos relatos e invenções contidos na história, podemos dizer que esse experimento foi o primeiro ambiente de imersão realizado, possibilitando ao usuário algo além do visual. Na Figura 7 é possível visualizar a forma e a disposição do usuário ao usar o Sensorama.

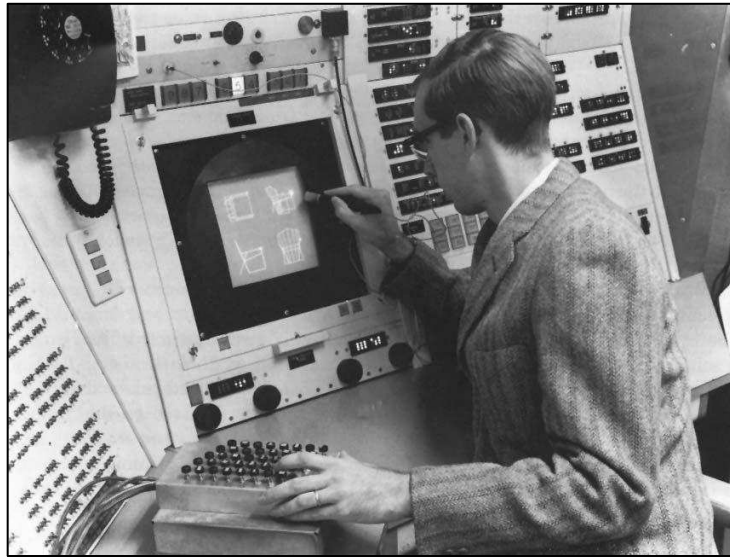
Figura 7: Protótipo do Sensorama



Fonte: (CAMPELO, 2013)

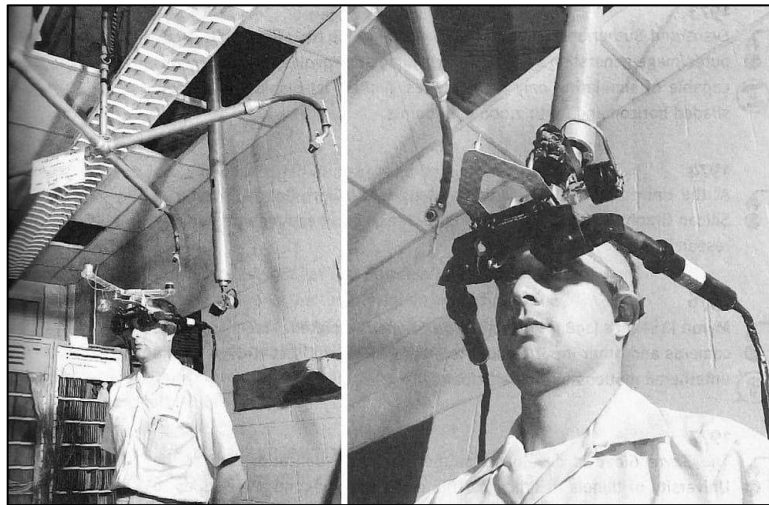
Ivan Sutherland foi outro nome de grande relevância na comunidade científica, ele idealizou dois projetos inovadores. O primeiro foi desenvolvido por volta de 1963, se tratava de usar computadores para desenhar objetos em sua tela, isso seria feito utilizando uma caneta ótica. É intuitivo pensar na ferramenta de desenho AutoCAD, quando se fala em desenhar através de computadores, e isso tem uma ligação direta com o invento de Sutherland, pois ele foi um dos precursores do que agora é a indústria de CAD, na Figura 8 é possível visualizar a tecnologia do *Sketchpad*. Porém o invento que encabeçou tal façanha foi o seu segundo projeto, o vídeo-capacete, *Head Mounted Display* (HDM), o modelo era totalmente funcional para a computação gráfica no projeto conhecido por “The Ultimate Display”, ele permitia a inserção do usuário em um ambiente construído no formato de arame, que se resumia a um cubo flutuando no espaço, construído através de um conjunto de linhas (PIMENTEL, 1995). A Figura 9 retrata a inserção por meio do *Head Mounted Display*.

Figura 8: Sketchpad, Ivan Sutherland (1963)



Fonte: Anaapramos (2013)

Figura 9: Head Mounted Display, Ivan Sutherland



Fonte: (CRAIG, 2016)

Foi só no ano de 1975, que surgiu de fato uma técnica conhecida como “Realidade Virtual de Projeção”, quando Myron Krueger criou o *videoplac*. A invenção era realizada a partir de uma câmera de vídeo, que capturava imagens dos participantes e em seguida projetava-as em 2D numa tela (PIMENTEL, 1995). Jacobson (1994) pode complementar quando afirma que o experimento poderia ser realizado individualmente ou em grupo, e os usuários podiam interagir uns com os

outros ou até mesmo com os objetos ao redor, pois essa câmera conseguia capturar constantemente todos os passos dados.

Rodrigues e Porto (2013) relatam também que no ano de 1986 a NASA já possuía ambientes virtuais que possibilitavam aos usuários ordenar comandos por voz e também manipular objetos virtuais a partir do movimento das mãos, por meio de uma luva especial, criada com composição de fibra ótica, Figura 10. No ano seguinte a empresa *Visual Programming Languages (VPL) Research Incorporation*, conseguiu lançar no mercado produtos voltados para Realidade Virtual, como a luva *Data Glove*, criada pela NASA, e o capacete *EyePhones*, Figura 11, (JACOBSON, 1994).

Para Rodrigues e Porto (2013) depois que aconteceu a comercialização dos equipamentos de RV, antes usados somente pela NASA, as grandes empresas de *softwares* e grandes corporações de informática investiram na produção de mais equipamentos voltados para essa tecnologia, difundindo-os numa escala cada vez maior em todo o globo.

Figura 10: Data Glove, Visual Programming Languages



Fonte: Unknown (2013)

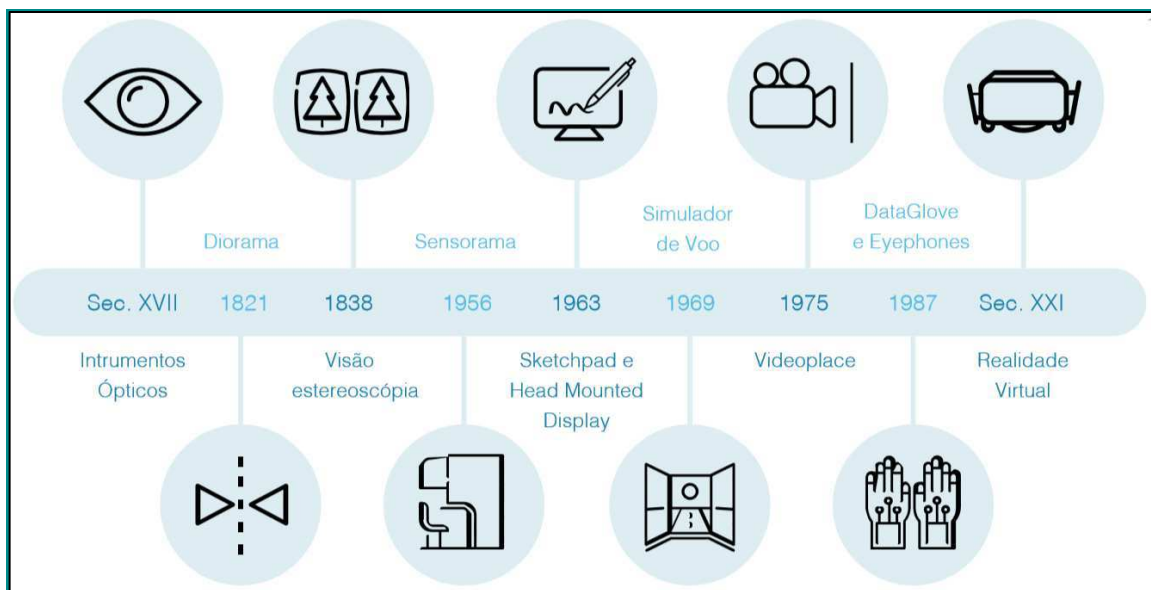
Figura 11: EyePhones, Visual Programming Languages



Fonte: (ROBERTS, 1988)

Toda a evolução ao longo do tempo até chegar na Realidade Virtual foi resumida por Cunha (2017) em um cronograma mostrado na Figura 12. No mesmo é possível visualizar que esta tecnologia se tornou mais usual apenas a partir da década de 90.

Figura 12: Cronograma, origem da Realidade Virtual



Fonte: (CUNHA, 2017)

3.5 Realidade Virtual

Kirner e Siscouto (2007) relatam que o surgimento da Realidade Virtual se deu na década de 60, com o desenvolvimento do ScketchPad por Ivan Sutherland (Sutherland, 1963). No entanto, a tecnologia “só ganhou força na década de 90, momento em que o avanço tecnológico proporcionou condições para a execução da computação gráfica interativa em tempo real” (KIRNER e SISCOUTO, 2007, p. 4-5).

Já segundo Burdea e Coiffet (1994) a Realidade Virtual é “uma interface computacional avançada que envolve simulação em tempo real e interações, através de canais multissensoriais”. Posteriormente, Pimentel (1995) afirmou que a Realidade Virtual (RV) é o uso de alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra em outra realidade, provocando o seu envolvimento por completo.

A partir desses estudos, Kirner e Kirner (2011) complementaram a definição dessa tecnologia afirmando que a “Realidade Virtual é uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos, através de dispositivos especiais”. Como complemento, pode-se explicar que:

A Realidade Virtual (RV) é uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de Realidade Virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição, etc. também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário (KIRNER e SISCOUTO, 2007, p. 6).

Um exemplo claro do uso da Realidade Virtual em nosso meio são os simuladores de direção veicular, como mostrado na Figura 13.

Figura 13: Simulador de direção



Fonte: (OLÍMPIO, [21-?])

3.6 Realidade Aumentada

Os autores Kirner e Siscouto (2007) também citam o período de surgimento da RA, fato que, segundo eles, aconteceu na década de 90, mas que suas aplicações só ficaram mais acessíveis no início dos anos 2000.

Sendo assim, percebemos que ela pode ser definida de diversas formas quando estendida às áreas de Ciências da Computação e Educação Tecnológica. “É o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real”. (KIRNER e SISCOUTO, 2007, p. 10). Tori, Kirner e Siscoutto, (2006, p. 24) complementam afirmando que essa Realidade “possui um mecanismo para combinar o mundo real com o mundo virtual; mantém o senso de presença do usuário no mundo real; e enfatiza a qualidade das imagens e a interação do usuário”. Mesmo diante de tantos estudos acerca do tema, muitos ainda confundem os conceitos de RV com RA; acreditando até, que ambas possuem as mesmas funcionalidades, no entanto, partindo de estudos realizados e alguns dos conceitos acima citados, fica evidente a diferença entre elas, pois, a Realidade Aumentada vai além do Virtual, tendo em vista, que ela consegue fazer uma interação do usuário com o ambiente construído e inseri-lo também no espaço real.

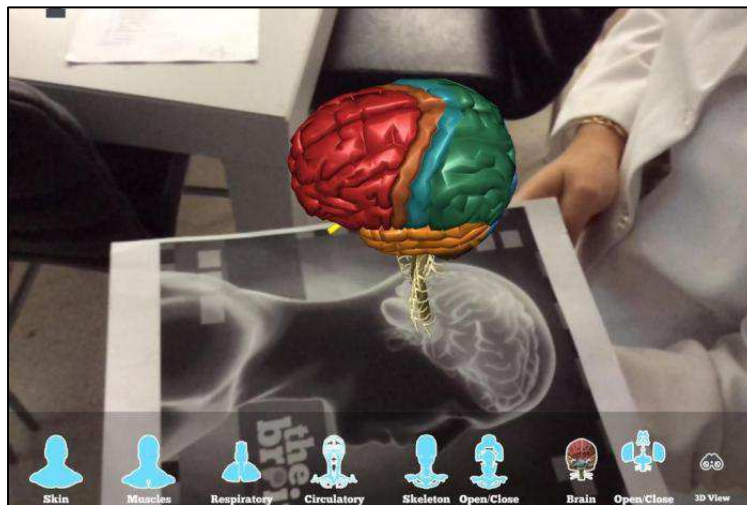
Apesar de seu processo de desenvolvimento acontecer há pelo menos 40 anos, pode-se afirmar que ela atualmente ainda se apresenta como sendo uma tecnologia inovadora para visualização de objetos virtuais. Essa inteligência foi

impulsionada pelo desenvolvimento de computadores móveis que se difundiram nos últimos anos, contribuindo assim, como fator muito importante, para as pessoas, que estão cada vez mais conectadas às novas tecnologias e interagindo com ambientes virtuais, procurando através desses ambientes soluções para problemas reais (IZKARA, PÉREZ, BASOGAIN, & BORROD, 2007).

Amim (2007) sintetiza os conceitos das duas realidades dizendo que, a RA adiciona o mundo possível com os computadores ao ambiente físico dos seres humanos. Como resultado, é possível ter a sensação de que os elementos virtuais se tornam presentes fisicamente quando um *software* ou aplicativo provoca as sobreposições (CAWOOD; FIALA, 2007).

A Figura 14, mostra um exemplo de um modelo virtual sendo aplicado ao meio físico real.

Figura 14: Aplicação de Realidade Aumentada para estudos de anatomia



Fonte: UniRitter / Divulgação (2014)

3.7 Realidade Virtual x Realidade Aumentada

É importante ressaltar as diferenças existentes entre estas realidades: Realidade Aumentada e Realidade Virtual. Kirner e Kirner (2011) entendem que ambas são representantes de técnicas de interface computacional que levam em conta o espaço tridimensional. Os autores ainda citam a capacidade multisensorial da

tecnologia, que podem possibilitar percepções corpóreas, explorar o olfato e o paladar.

Azuma (1997) difere as realidades dizendo que: a Realidade Virtual mantém o usuário completamente imersivo em um ambiente sintético, impossibilitando-o de ver o mundo real ao seu redor. Em contrapartida a Realidade Aumentada permite que o usuário tenha acesso ao mundo real e virtual simultaneamente.

3.8 Técnicas de interação aplicadas a Realidade Aumentada

Zorzal et al. (2010) relatam em sua pesquisa que não existe um consenso claro de como as técnicas de interação usadas na Realidade Aumentada devem ser aplicadas. Diferentemente de Broll et al. (2005), que discordam e entendem que essas técnicas podem ser aplicadas das seguintes maneiras:

- Interação espacial;
- Interação baseada em comandos;
- Interação por controle virtual;
- Interação por controle físico;

É possível distinguir os tipos de interação com os elementos virtuais ao se analisar quais equipamentos serão necessários para permitir o acesso ao conteúdo e também a maneira como se dá a entrada dos dados para a interpretação da máquina e a inserção do modelo virtual ao ambiente físico (CUSPERSCHMID et al., 2012). Os estudiosos ainda complementam com a afirmação a seguir:

Na interação espacial, ocorre a manipulação das propriedades espaciais dos objetos físicos, em geral, por meio de interfaces tangíveis que permitem a interação através de objetos reais da cena. Já na interação baseada em comandos, a entrada de dados se dá através do rastreamento de gestos simbólicos (ex.: das mãos) ou alguma forma de comando, como a voz, que representam instruções a serem interpretadas. O tipo de interação por controle virtual se dá pela manipulação de símbolos gráficos tridimensionais apresentados ao usuário e que permitem a comunicação com a máquina. Na interação por controle físico, esta comunicação homem-máquina ocorre por meio de ferramentas físicas ou painéis de controle que possibilitam acesso tanto ao ambiente físico como aos objetos virtuais da cena (CUSPERSCHMID et al., 2012, p. 51).

Outra classificação das técnicas de interação é dada por Kelner e Teichrieb (2008), sendo essas específicas para a Realidade Aumentada. Para eles os tipos de interfaces seriam:

- Interfaces Baseadas em Gestos;
- *Walking*;
- Reconhecimentos de Gestos *Pen Stroke*;
- Interfaces Tangíveis;

Descreve-se, a seguir, as definições que contemplam estas técnicas, tendo em vista que a RA é o estudo base desse trabalho.

3.8.1 Interfaces baseadas em Gestos

Cusperschmid et al. (2012) entendem como sendo interfaces baseadas em gestos que respondem os movimentos do usuário, de maneira que os movimentos corporais pré-definidos originam determinadas respostas.

Para Kelner e Teichrieb (2008) nesse tipo de interação o usuário costuma vestir um *wearable computer* (computador vestível) e/ou uma luva, para assim poder interagir com as aplicações através dos gestos, que são detectados por sensores que captam os diferentes níveis de pressão.

Cusperschmid et al. (2012) ainda complementam em seu estudo que esta técnica de interação é indicada para apresentações e discussões de projetos. Na ocasião prevista, os participantes teriam a oportunidades de interagir diretamente com os modelos apresentados, podendo fazer manipulações, apenas por meio de gesticulações.

Na Figura 15 é possível notar uma cena de manipulação de algum objeto virtual usando a luva de Realidade Aumentada.

Figura 15: Uso da Luva de RA



Fonte: (LAKATOS et al., 2012)

3.8.2 Realidade Aumentada Móvel (*Walking*)

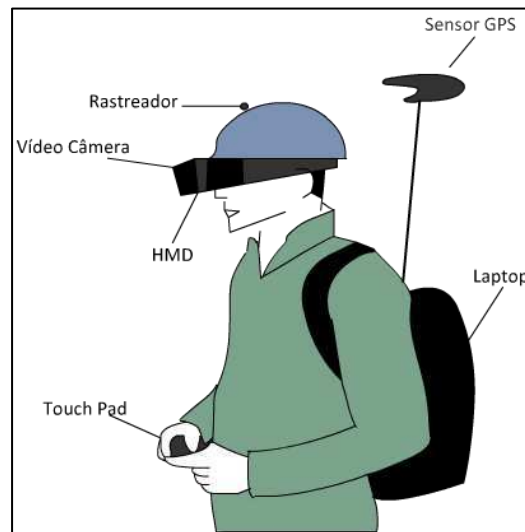
A realidade Aumentada Móvel descrita por Kelner e Teichrieb (2008) como “A técnica *Walking*”, permite o andar físico em um ambiente virtual. E para permitir tal finalidade, podem ser usados um conjunto de *wearable computers* com HEAD-MOUNTED DISPLAYS, rastreadora e *Global Positioning System* (GPS), além dos dispositivos móveis atuais como *TABLETS* e *SMARTPHONES*.

Para realizar essa interação o usuário “veste” o computador e um equipamento para visualização, permitindo que ele mesmo consiga se movimentar naturalmente, além de ser necessária a localização exata desse indivíduo, que ocorre através da tecnologia de GPS, possibilitando assim a utilização do sistema de RA móvel (THOMAS; PIEKARSKI; GUNTHER, 1999).

Kelner e Teichrieb (2008) ainda ressaltam a importância de avisos de obstáculos e caminhos reais, que auxiliem o indivíduo durante a caminhada, sabendo que a margem de movimentação dele depende diretamente da tecnologia em uso.

Behzadan, Timm e Kamat (2008) detalham os equipamentos comumente usados para este tipo de aplicação de RA, conforme a Figura 16.

Figura 16: Componentes básicos de um sistema de RA móvel



Fonte: adaptado de BEHZADAN; TIMM; KAMAT, 2008, P. 91 e 94

A Figura 16 mostra a quantidade de elementos que eram necessários para se usufruir dos recursos da RA móvel, no entanto, atualmente os recursos estão cada vez mais resumidos a apenas um aparelho. Cusperschmid et al. (2012, p. 54) defendem que “com o surgimento de Tablets e Smartphones, dotados de conexão wireless e GPS, tornou-se possível utilizar a RA Móvel de uma forma mais simplificada”.

Na Figura 17 é mostrado um exemplo dessa visualização por meio do aparelho Tablet.

Figura 17: Exemplo de RA Móvel com uso de Tablet



Fonte: (ÁLVAREZ, 2019)

3.8.3 Reconhecimento de Gestos (*Pen Stroke*)

Kelner e Teichrieb (2008, p. 68) resumem o Reconhecimento de Gestos afirmando que esta técnica reconhece o movimento de toque de uma caneta, como exemplo sobre a tela *touch-screen* de um handheld ou smartphone. Cusperschmid et al. (2012) complementam os outros pesquisadores com a ideia de que a evolução tecnológica trouxe além de telas sensíveis ao toque outros dispositivos, como: controles remotos de videogames. A Figura 18 mostra um exemplo de uso da caneta em tela.

Figura 18: Caneta touch-screen



Fonte: (STEELE, 2015)

3.8.4 Interfaces Tangíveis

Kelner e Teichrieb (2007) usam o termo “interfaces tangíveis” como comparativo, ao dizer que as técnicas de interação para manipulação usadas na Realidade Virtual para manusear objetos virtuais têm a mesma funcionalidade, quando voltadas para a RA e que nas interfaces tangíveis, os usuários manipulam objetos físicos, ferramentas, superfícies ou espaços para poder interagir com as aplicações.

Hanzl (2007) diz que a interação por faces tangíveis se resume ao toque para seu funcionamento. Ele também explica que objetos virtuais são conectados com

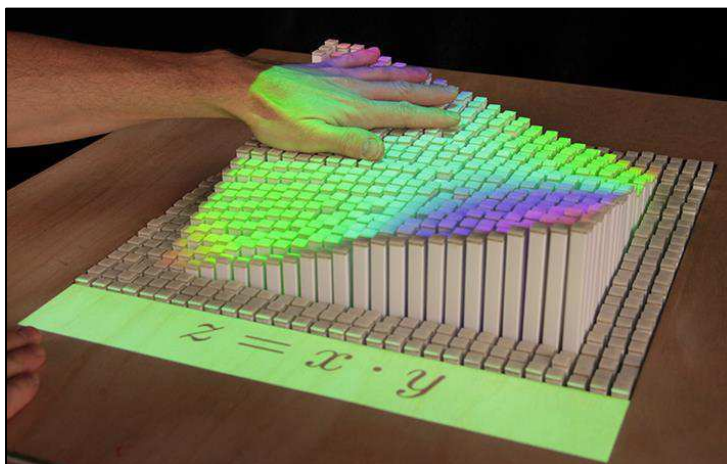
objetos reais, e ao movimentar o elemento real, instantaneamente, o virtual também movimentará.

Na interface com usuário tangível (TANGIBLE USER INTERFACE – TUI), os objetos físicos são diretamente relacionados com os objetos virtuais, possibilitando a manipulação do virtual por esse usuário. O autor defende também que a metáfora de TUI tem a mesma aplicabilidade quando se fala em Realidade Aumentada, conhecida como RA Tangível (HALLER; BILLINGHURST; THOMAS, 2007).

Com isso, pode-se dizer que as interfaces de RA Tangíveis possibilitam uma manipulação intuitiva e efetiva dos objetos virtuais, pelo fato de aproveitar o imediatismo e a familiaridade de objetos físicos comuns (BELCHER; JOHNSON, 2008).

A Figura 19 mostra parte das experiências do projeto *Inform*, que usa uma mesa interativa que pode ser manipulada a distância ou de forma direta.

Figura 19: Experiências do projeto *Inform*



Fonte: (MORAES, 2016)

3.9 Dispositivos de visualização

Para Cusperschmid et al. (2012) são vários os dispositivos que têm sido empregados para visualização da RA. Kiyokawa (2007) é mais preciso quando lista os seguintes dispositivos: *Volumetric Display*, *IllusionHole*, *Virtual Showcase*, *Optical STHMD*, *Vídeo STHMD*, *Projective HMD*, *Handheld vídeo ST*, *Projection-based*.

Uma outra categorização é citada por Bimber e Raskar (2005), para eles as ferramentas fundamentais seriam: *Head-attached displays*, *Hand-Held displays* e dispositivos espaciais. Para um melhor entendimento do funcionamento dos dispositivos, é importante saber que os dispositivos de exibição (*displays*) são sistemas que possibilitam a formação de imagem usando de componentes óticos, eletrônicos e mecânicos (AMIM, 2007).

3.9.1 Anexados à cabeça (*Head-attached displays*):

Cusperschmid et al. (2012) definem que os “*Head-attached display*” necessitam que os usuários usem o sistema de visualização em sua cabeça. Já Silva (2016) usou o termo “*Head Worn*” para conceituar os dispositivos montados sobre a cabeça. O autor relata que os dispositivos usados nesta categoria podem ser óculos de Realidade Virtual (*Optical See-Trough*) ou capacete (*Video See-trough*), como forma de apresentação. A escolha do objeto a ser usado vai depender da forma de inserção das imagens virtuais às imagens do mundo real.

Amim (2007) retrata que o termo “*See-Trough*” pode ser entendido com a necessidade que o usuário tem de ter noções do espaço ao seu redor, tendo em vista que ele está fazendo uso do capacete ou óculos. Na Realidade Virtual o indivíduo ficava completamente imerso no mundo virtual e perdia as noções do espaço, então foi preciso reformular os modelos para a RA, usando câmeras de vídeo, alinhadas ao visor para resolver essa carência.

Milgram et al. (1995) atentam para o fato que os dispositivos óticos precisam de um rastreamento preciso e com baixa latência dos movimentos, tendo em vista que os mesmos serão efetuados com a cabeça do usuário. Ainda ressaltam a importância da calibração do ponto de vista e ajuste do campo de visão, a fim de reduzir o desconforto do aparato. A Figura 20 mostra um exemplo de óculos de RA.

Figura 20: Óculos de Realidade Aumentada



Fonte: (MICROSOFT, 2015)

3.9.2 (*Hand-Held displays*):

Os modelos mais convencionais de uso portátil na atualidade são os *Tablets*, *Palmtop's* e Telefones celulares. Todos eles conseguem combinar processador, memória, monitor e tecnologia de interação num único dispositivo. Além de serem tecnologias móveis e possuírem câmera de vídeo integradas ao aparelho, necessárias para captura das cenas do ambiente em que será inserida a Realidade Aumentada (AMIM, 2007).

Silva (2016) relata que há dez anos os pesquisadores não sugeriam o uso dos celulares para tais finalidades, levando em consideração o tamanho da tela do aparelho e também a falta de um bom processador. No entanto, os avanços tecnológicos revolucionaram esses modelos e hoje é possível obter uma infinidade de informações através das telas dos smartphones ou tablets. A Figura 21 mostra a visualização da RA por vários aparelhos celulares de modelos diferentes e também por Tablet.

Figura 21: Dispositivos Portáteis em uso para RA



Fonte: (SALVI, 2017)

3.9.3 Espaciais

Bimber e Raskar (2005) subdividem os dispositivos espaciais da seguinte maneira:

Monitor Based See Trough:

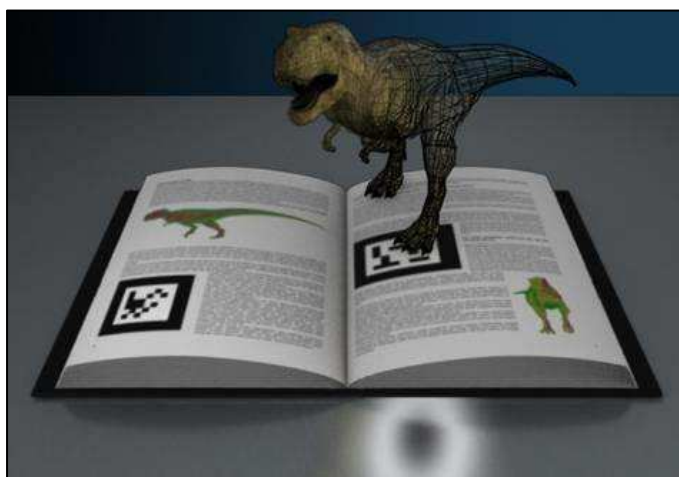
Esse tipo de sistema faz uso de câmeras para capturar imagens do real, depois processa essas informações para, só então, exibi-las misturadamente em um monitor plano.

Optical See Trough:

Geram imagens alinhadas com o ambiente físico, utilizando combinações óticas espaciais. Para essas combinações serem desenvolvidas faz-se necessário a utilização de objetos como espelhos planos ou curvos, telas transparentes ou hologramas óticos.

Baseados em projeção:

Pode-se dizer que é umas técnicas mais difundidas para leitura de projetos na atualidade, pois consegue sobrepor imagens diretamente em superfícies e objetos físicos. Para melhorar o produto final da projeção, pode ser incrementado projetores estáticos individuais, estéreos ou múltiplos. A Figura 22 faz uma analogia de como se dá a visualização da RA por meio de projeções.

Figura 22: Uso de Marcadores na RA

Fonte: Unknown (2013)

3.10 Usos da Realidade Aumentada

A tecnologia está cada vez mais convergindo e se desenvolvendo para uma nova geração de interfaces computacionais, que estão baseadas em Realidade Aumentada e com uso nas mais variadas áreas, como: entretenimento como jogos, até experimentos científicos coletivos, constituindo verdadeiros laboratórios de pesquisa (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Azuma (1997) em sua primeira importante review sobre Realidade Aumentada, citou o entretenimento como umas das aplicações da RA, explicou também que essa realidade era usada na produção de filmes para o cinema. No ano de 2001, o autor passa a citar os jogos eletrônicos, que pelo barateamento do *hardware* usado em aplicações da RA, foi possível ser desenvolvido e acessível ao entretenimento doméstico (AZUMA, 2001).

Alguns anos depois, com o crescente avanço tecnológico as aplicações da RA têm sido cada vez mais amplas. De acordo com Cardozo (2015) essa tecnologia pode ser utilizada para estudos de implantação, impacto de vizinhança, insolação, estudo de fachada, encartes de revistas ou flyers e também na fase de lançamento do empreendimento, pode possibilitar uma melhor interação entre o usuário e o ambiente, impactando diretamente no visual do produto final.

Araújo (2018) acrescenta que a Realidade Aumentada é uma área que permite infinitas possibilidades de aplicação. Temos como exemplo o

desenvolvimento de pesquisas para a realização dessa tecnologia nas seguintes áreas da indústria: AEC, automobilística, design, medicina, navegação, entre outras.

Carmigniani et al. (2011) sintetizam as áreas em que a RA mais se difundiu:

Enquanto que há diversas possibilidades para utilizar RA de maneira inovativa, consideramos quatro tipos de aplicações em que são usadas mais corriqueiramente em pesquisas em RA: comercial, entretenimento e educação, medicina e aplicações móveis (CARMIGNIANI et al., 2011, p. 358).

- **Comercial**

A Realidade Aumentada possibilita ao usuário uma verdadeira experiência de propriedade do produto, em que o interessado pode interagir com a modelagem, observando todos os detalhes externos e de funcionamento, tornando possível uma melhor análise do conteúdo antes de efetuar a compra. Além de trazer benefícios aos clientes, as empresas também terão ganhos, tendo em vista que eliminaria a necessidade de envio de amostras ou protótipos para seus compradores (RODELLO; BREGA, 2011).

Okada e Souza (2011) acreditam que a RA ficou mais explícita através da veiculação de campanhas em peças publicitárias, pelo apelo visual e quantidade de informações que poderiam ser agregadas na apresentação dos produtos e serviços. Os autores ainda trazem uma abordagem para o âmbito brasileiro, e diz que os primeiros passos da inserção da RA no Brasil ainda são tímidos e têm como pioneiros neste mercado, as empresas alimentícias e de bebidas. Como complemento:

Esta tecnologia de RA vem sendo explorada pelo mercado da publicidade e propaganda, ganhando paulatinamente a adesão empresarial. Algumas grandes marcas começaram a veicular em suas campanhas peças publicitárias em hotspots explicativos, permitindo a interação de objetos virtuais com o mundo real (OKADA; SOUZA, 2011, p. 66).

Cusperschmid et al. (2012) acreditam que um projeto pronto e com um bom detalhamento em 3D, o sistema de RA móvel pode ser usado diretamente no mercado para marketing de vendas, fazendo com que clientes consigam visualizar e/ou interagir com o edifício virtual, no espaço físico.

Um exemplo de uso no setor comercial está presente na Figura 23, que mostra uma nova tendência de apresentação de produtos por meio de catálogos em RA.

Figura 23: Catálogo de produto, com aplicação de Realidade Aumentada



Fonte: INNOAREA PROJECTS, 2015

- **Entretenimento**

Um exemplo claro de aplicação de RA no ramo do entretenimento pode ser notado em noticiários, quando imagens virtuais são postas ao lado do apresentador para servir de demonstração, seja em exemplos meteorológicos de quando as nuvens estão em movimento ou até objetos modelos de alguma apresentação (AMIM, 2007).

O mercado de jogos eletrônicos e cinematográfico não ficam atrás, pois busca gráficos cada vez mais detalhados e próximos do real, criando realidades alternativas e imersivas.

Na Figura 24 é possível visualizar a aplicação da RA para exibição de elementos como: gráficos, tabelas e infográficos tridimensionais.

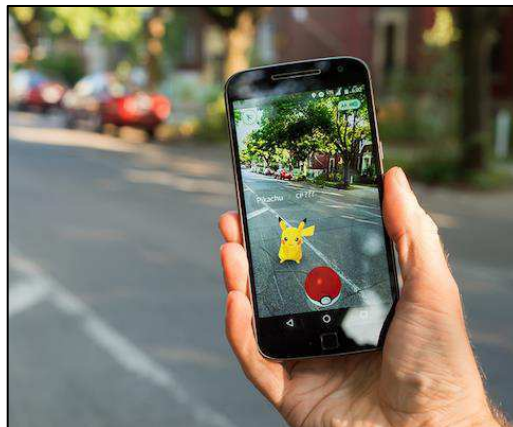
Figura 24: Bancada de realidade aumentada



Fonte: (TANAKA, 2015)

Araújo (2018) ainda ressalta a importância que a RA tem no mercado de jogos eletrônicos e cinematográfico, que buscam constantemente a melhora nos gráficos de suas imagens e detalhes mais próximos possíveis do real. Um exemplo recente a ser citado é o jogo “Pokémon GO”, lançado em 2016 e voltado para aparelhos smartphones, em diversos países. O jogo é baseado na série animada “Pokémon” e tem como finalidade a interação do jogador a um mapa baseado no mundo real, utilizando esse mapa, é necessário que a pessoa que está jogando se locomova no espaço a fim de achar os Pokémon's, ao chegar no ponto indicado no mapa onde ele se encontra, precisa então apontar a câmera do seu aparelho eletrônico para, só assim, visualizar e tentar capturar o objeto virtual no espaço real. A Figura 25 mostra como funciona o aplicativo citado.

Figura 25: Realidade Aumentada em Jogos



Fonte: (KOMINETSKY, 2019)

- **Medicina**

Para Amim (2007) o uso da RA no campo da Medicina se dá principalmente na fase de estudos pré-operatórios, na qual o cirurgião pode usar dessa tecnologia para visualizar toda a anatomia necessária, de vários ângulos, podendo assim, partindo das informações obtidas, planejar com embasamento mais realístico o processo cirúrgico.

Para Kirner e Siscoutto (2007) a medicina pode ser tida como uma das áreas que mais necessitam do uso da RA. Para eles a tecnologia poderia ser empregada nas fases de estudos, como protótipos de ensino, treinamento, diagnóstico, tratamento e simulação de cirurgias. Nesses treinamentos, dispositivos hápticos

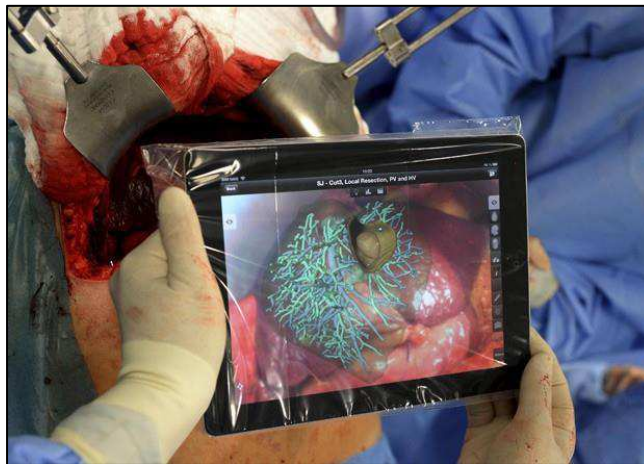
simulariam as sensações de estar manipulando uma ferramenta médica, isso auxiliaria na aquisição de habilidades manuais (MACHADO, 2007, p. 164).

Por fim, Nunes et al. (2007) expõem algumas dificuldades e cautelas que devem ser tomadas ao inserir a Realidade Aumentada na medicina:

Ferramentas para modelagens 3D oferecem inúmeros recursos para a construção desses objetos sintéticos. No entanto, é necessária uma certa dose de arte para construí-los, tarefa nem sempre trivial para profissionais de Computação. Além disso, algumas aplicações, como treinamento de procedimentos, podem exigir precisão em tempo real. Nesses casos, o ideal é que os objetos 3D sejam modelados a partir de dados provenientes de imagens médicas reais. Uma solução para implementar objetos realísticos é a utilização de imagens geradas por meio de equipamentos médicos (NUNES et al., 2007, p. 228).

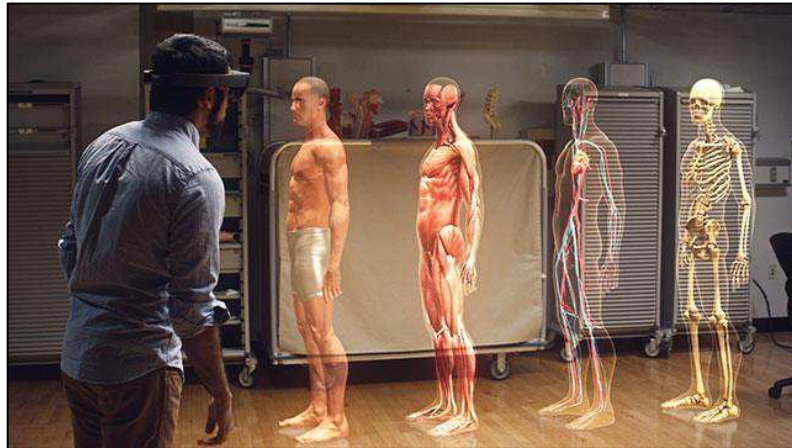
Nas Figuras 26 e 27 é possível visualizar a utilização da RA no meio da medicina, com o uso prático como cirurgias, ou no meio explorativo de estudos da anatomia.

Figura 26: Cirurgias utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada



Fonte: (BIMMER, 2016)

Figura 27: Visualização de Anatomia Humana a partir de óculos de Realidade Aumentada



Fonte: (MICROSOFT, 2015)

- **Realidade Aumentada na Indústria AEC**

O contexto atual da RA na engenharia é ainda de pesquisas e com aplicações pouco difundidas, no entanto, é possível encontrar construtoras que estão aderindo a essa modernização, desenvolvendo maquetes virtuais de edifícios, principalmente, para fase de apresentação de projeto (SOUSA, 2012).

Sousa (2012) ainda retrata que o uso dessa tecnologia na Engenharia e Construção Civil é possível em quase todas as etapas de projetos, pois nessa fase, que é de elaboração, é possível fazer a verificação de possíveis incompatibilidades e também ter noções de dimensões.

Freitas e Ruschel (2010) analisam mundialmente as publicações que envolvem o tema da Realidade Aumentada, focando na indústria AEC. Como resultado os autores puderam notar que existe um grande interesse no uso dessa tecnologia para a melhora visualização de projetos arquitetônicos, nos processos de projeto, além dos processos de construção de edifícios e sistemas de gerenciamento em engenharia. Esse interesse pode ser explicado por apresentar a redução de custos, diminuição de tempo para elaboração de projetos e diminuição de erros, otimizando assim, o trabalho colaborativo. Apesar de todo potencial já aferido, existe ainda muitas dificuldades para implantação dessa técnica na arquitetura, pois a maioria dos pesquisadores é da área de computação, além de existir carência de financiamento de pesquisas, para motivar estudos mais avançados (WANG et al.,2008)

Silva (2016) fala em seu estudo sobre o uso da RA na etapa de Inspeção da Construção, fase desenvolvida pela CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) com a finalidade de garantir o bem-estar de todos os funcionários envolvidos e a qualidade da construção. Neste contexto, a Realidade estudada pode inserir ao ambiente todas as informações contidas nas especificações técnicas, dispensando o uso do caderno de normas e facilitando a análise do inspetor, fazendo-o ganhar tempo. Para desenvolver tal atividade, o indivíduo precisaria apenas apontar a câmera do smartphone para o local em avaliação, e o aplicativo disponibilizaria todos os parâmetros necessários.

A Figura 28 mostra o uso da RA na visualização de sistemas, contendo textos que auxiliam a interpretação.

Figura 28: Inspeção Predial com uso de Realidade Aumentada



Fonte: (TELES, [21-])

Outra utilidade da RA que pode ser citada no âmbito da indústria AEC para evitar possíveis problemas futuros é na composição no Manual do Proprietário. Tendo em vista, que muitos dos donos, no momento que decidem reformar seu imóvel, sentem dúvidas, por exemplo, da qual cor que ficaria melhor no ambiente, se os móveis combinarão, além dos problemas de identificação da locação de pilares, vigas e tubulações, para saber onde pode ser mexido sem causar danos a estrutura original (SILVA, 2016).

Em Vitória-ES (Brasil) uma obra bateu o *record* de maior marcador de Realidade Aumentada, o projeto em questão foi desenvolvido pela Rossi Residencial, e acabou entrando para o livro dos records (*Guinness Book of World Records*). O marcador desenvolvido tinha aproximadamente 900m² e foi disposto no local onde a

obra seria executada. A RA foi usada como Marketing para os clientes, que eram levados de helicóptero para sobrevoar o local e visualizar a construção virtual em meio ao espaço real (ROSSI,2010, apud JUNIOR, 2018).

Na Figura 29 é possível visualizar a esquerda a visão aérea do marcador; e a direita a projeção do edifício em RA.

Figura 29: Maior marcador de RA do mundo



Fonte: (FERES, 2015)

3.11 Interoperabilidade

Já foi mostrado que o BIM possibilita a interação entre os projetistas envolvidos na concepção de projetos da indústria AEC, no entanto, existem ainda dificuldades de acesso das informações originais do modelo. Isso pode acontecer quando os projetistas usam diferentes *softwares* para esse desenvolvimento e a comunicação entre esses não é completa, causando perdas de propriedades no meio da troca de arquivos. Pode-se dizer que a Interoperabilidade age para combater a carência na transferência de dados, e outras múltiplas aplicações que otimizam o trabalho a ser desenvolvido. Em resumo, ela elimina a necessidade de refazer projetos já desenvolvidos e facilita o uso destes por demais programas, potencializando o fluxo de trabalho e automação (EASTMAN et al., 2014).

Diante das problemáticas citadas, programadores buscaram encontrar um formato de arquivo aberto, comum para todos os *softwares* BIM. O intuito disso é

garantir que as informações do modelo permaneçam independentemente do número de compartilhamentos ou uso de programas de indústrias diferentes (MINEIRO, 2016).

Para entender melhor o que seria esses “ficheiros”, podemos usar como exemplo o AutoCAD; que tem como formato de intercâmbio principal o DXF. Através dele é possível repassar uma maior quantidade de informações do modelo, no entanto, existe também para o CAD o DWG, considerado mais conhecido e mais limitado no que se refere à permuta dos dados. Almeida (2015) acrescenta que o BIM precisa de um formato de troca mais complexo que os citados, pois necessita levar em consideração os parâmetros de informações do modelo e sua forma 3D. Ele também enfatiza que os principais formatos em uso para troca de dados pela nova metodologia é o IFC e o XML.

Eastman (1999) afirma que o IFC é o modelo mais elaborado de dados já desenvolvido para o meio da indústria AEC. O modelo tem possui entidades que caracterizam os projetos, como: a geometria, topologia, elementos do edifício, equipamentos, mobília, planos de trabalho, etc.

Assim como a grande quantidade de *softwares* existentes, poderia acontecer também o surgimento de inúmeros ficheiros. Para eliminar essa possibilidade foi criado um consórcio chamado de “*Industry Alliance for Interoperability*”, que mais tarde passou a ser chamado de “*buildingSMART*” (MINEIRO, 2016).

Oliveira (2018) define bem os três modelos normatizados:

- **IFC** (*Industry Foundation Classes*), ISO 16739 – trata-se de um modelo que define como será a troca e o compartilhamento das informações do edifício.
- **IFD** (*International Framework for Doctionaries*), ISO 12006-3 (2007) – trata-se de um dicionário de dados que define qual a informação do edifício será trocada e compartilhada.
- **IDM/MVD** (*Information Delivery Manual / Model View Definition*), ISO 29481-1 (2010) – trata-se de um manual de informações que definem os processos de troca, determinando quando e quais informações serão trocadas e compartilhadas.

3.11.1 FBX

Mineiro (2016) cita o fato de que a interoperabilidade não foi totalmente revolucionária no que diz respeito a eliminação de problemas de transferência de modelos e de níveis de detalhamentos. O autor diz que a metodologia nem sempre funcionar como esperado, para algumas aplicações IFC. Diante disso, Mineiro testa em seu trabalho um novo formato, o *Filmbox* (FBX).

O FBX foi desenvolvido pela empresa canadense Kaydara e é tido como propriedade da *Autodesk* desde 2006. Este possibilita que os modelos sejam repassados com um maior detalhamento *Level of Development* (LOD).

3.12 Softwares de Realidade Aumentada

Ainda de acordo com Silva (2016) para se desenvolver um ambiente de RA é preciso utilizar quatro componentes cruciais. Sendo primeiro, o autor diz ser o objeto real, local onde o código será disposto; o segundo se trata do dispositivo que capta as imagens, que se resume a câmera; depois essas imagens são levadas para um aparelho, podendo ser computador ou smartphone; e por fim, tido como o terceiro fator também fundamental, é necessária a utilização de algum *software* programado para ajudar ao usuário em forma de aplicativo, sendo capaz de exibir a combinação das imagens virtuais no ambiente Real.

Para escolher o *software* a ser utilizado no desenvolvimento do presente estudo, faz-se necessária uma pesquisa pelos aplicativos mais atuais no mercado tecnológico e mais eficazes para utilização no ambiente da AEC. Para isso foram realizadas consultas em diversos sites, artigos e estudos voltados para o tema, e como resultado obteve-se os seguintes *softwares* mais populares e difundidos no mercado atual:

- **AUGmentecture:**

A AUGmentecture foi fundada no ano de 2014 em Los Angeles, Califórnia. O seu principal objetivo era trazer a RA para o âmbito da arquitetura. As ferramentas criadas pela empresa não são disponibilizadas de forma gratuita, existem planos mensais variados que obedecem a uma relação direta entre custo e benefício (AUGMENTECTURE, 2018).

Para o uso de reconhecimento de superfícies e número de modelos exportados para a plataforma, não existe distinções nos planos, todos desfrutam dessas funcionalidades. As diferenças entre eles começam na quantidade de usuários contemplados no plano, e a presença da marca d'água em forma de propaganda. Para Alunos e Profissionais só uma pessoa poderá ter acesso e a marca será disposta em seus produtos finais, enquanto os de Empreendimentos podem acoplar até dez pessoas e não terá nenhum tipo de propaganda AUGmentecture nos seus modelos, contando ainda com um suporte prioritário e treinamentos gratuitos.

- **Augment:**

O Augment é um aplicativo disponível gratuitamente no *play store* para as plataformas *android* e iOS, que foi fundado no ano de 2011, com a ideia de aplicar técnicas de visualização de AR e 3D escalável end2end (AUGMENT, 2011).

Este surgiu um pouco mais cedo que os demais aplicativos citados. Silva (2016) descreve algumas das funcionalidades do aplicativo em seu trabalho, como a capacidade de permitir que seus usuários vejam modelos digitais de objetos e projetos em ambientes reais e em 3D, além de possibilitar que os usuários criem seus próprios modelos no *software*.

O Augment não é disponível gratuitamente. E as funções que ele oferece também vai depender do plano mensal escolhido, quanto mais benefícios, mais caro será o plano.

- **Kubity:**

O Kubity surgiu com a ideia de facilitar o acesso aos modelos 3D em smartphones e computadores, de maneira tão natural quanto fazer uma ligação telefônica. Em 2012, os idealistas do projeto reuniram um grupo de engenheiros de *software* e começaram o desenvolvimento de uma plataforma interativa, que oferecia suporte aos dispositivos móveis e *desktop's*, para navegação 3D instantânea e fluída. No entanto, foi só em novembro de 2017 que aconteceu o lançamento completo dos aplicativos, incluindo o Kubity AR para realidade aumentada e o Kubity VR para a realidade virtual (KUBITY, 2020).

Esse *software* oferece uma série de serviços, se destacando o da inteligência artificial, que analisa milhões de texturas 3D e atribui materiais para renderizações foto realistas em tempo real. Essas e as demais funcionalidades compõe os planos

de licenças anuais, que são oferecidos pela empresa. E assim como os demais já citados, o Kubity segue a mesma lógica na relação de preço-serviços.

- **Augin:**

Pode-se dizer que o Augin é a principal plataforma brasileira de Realidade Aumentada voltada para a construção civil. Nele é possível visualizar projetos 3D em qualquer dispositivo móvel, podendo ser um aparelho celular ou tablet, Android ou Iphone (AUGIN, 2018).

Embora o Augin seja novo no mercado, ele já apresenta uma grande quantidade de ferramentas no âmbito da Realidade Aumentada, como os Tutoriais de uso; Reconhecimento de superfícies, dispensando o uso de marcadores (Alvo padrão impresso); *Plugins* para os *software's* Revit, ArchiCAD, Tekla, SketchUp, TQS, Active3D, Arqui_3D e BricsCAD, facilitando a sua aplicabilidade; Federação de modelos, etc. Todas as técnicas oferecidas pelo aplicativo são gratuitas.

O Quadro 2 abaixo, mostra um resumo das vantagens e desvantagens presentes nos *softwares* citados.

Quadro 4: Aplicativos de RA

Aplicativo	Vantagens	Desvantagens
Augmentecture	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecimento de superfícies; - <i>Reference Tracker</i>; - Alvo padrão (marcadores). 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Plugin</i> apenas para Sketchup e Revit; - Não é gratuito; - Visualizações limitadas; - Tutoriais em vídeo de instrução apenas para planos de Empreendimentos;

Augment	<ul style="list-style-type: none"> - Tutoriais em vídeo de instrução; - Reconhecimento de superfícies; - Escala interativa 1:1; - Sincronização offline dos modelos; - Troca materiais e texturas enquanto visualiza o produto em AR. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não é gratuito;
Kubity	<ul style="list-style-type: none"> - Visualizações ilimitadas; - Escala interativa 1:1; - Aplicação de texturas. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Plugin</i> apenas para Sketchup; - Não é gratuito;
Augin	<ul style="list-style-type: none"> - Tutoriais em vídeo de instrução; - Reconhecimento de superfícies; - Visualizações ilimitadas; - Escala interativa 1:1; - Maior número de <i>plugins</i>; - Aplicação de texturas; - <i>Reference Tracker</i>; - Experiência 4D; - Modelos Federados; - Experiências em vídeo; - Alvo padrão (marcadores); - Informações BIM. 	-

Fonte: autora

Diante dos aplicativos apresentados e das comparações feitas, foi escolhido o Augin para desenvolvimento do presente estudo. Ele oferece ótimas funcionalidades e com um custo de uso zero; tornando-o mais vantajoso na relação de custo-benefício.

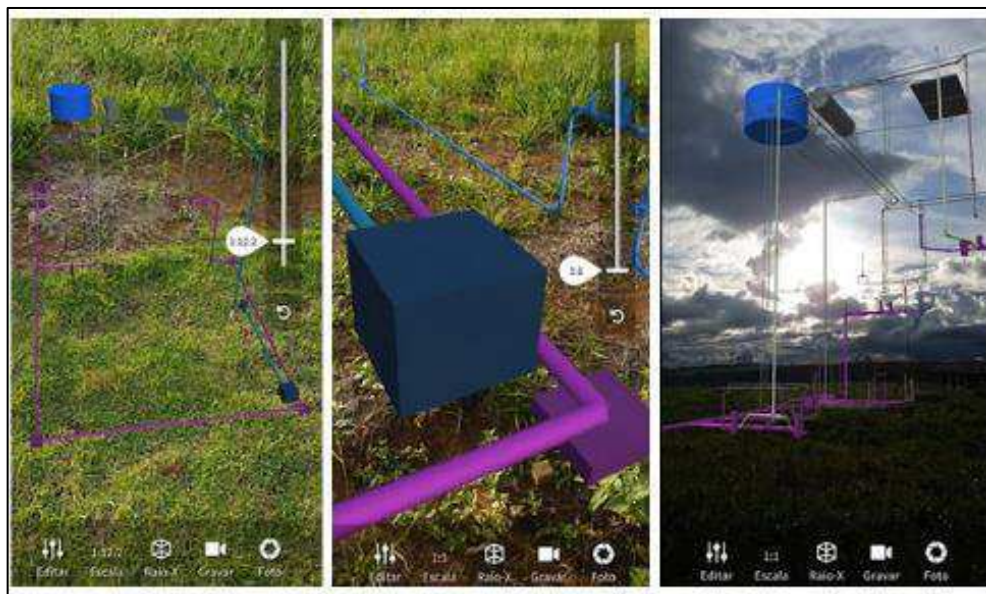
3.12.1 Funcionalidades Augin

- **Escala Interativa**

O ajuste de escalas é uma das primeiras funcionalidades fornecidas pelo Augin. Depois de selecionar a ferramenta, basta regular a proporção precisa na barra de ajustes, disposta verticalmente no canto esquerdo da tela. Possibilitando o redimensionamento do projeto para o seu tamanho real, escala 1:1, e por fim, obter uma visualização mais realística.

A Figura 30 mostra a aplicação do modelo em RA na superfície e posteriormente a manipulação da escala para que o mesmo se mostre em dimensões reais, 1:1.

Figura 30: Ajuste de Escala



Fonte: adaptado de Ferreira (2020)

- **Alvo Padrão e Reconhecimento de Superfícies**

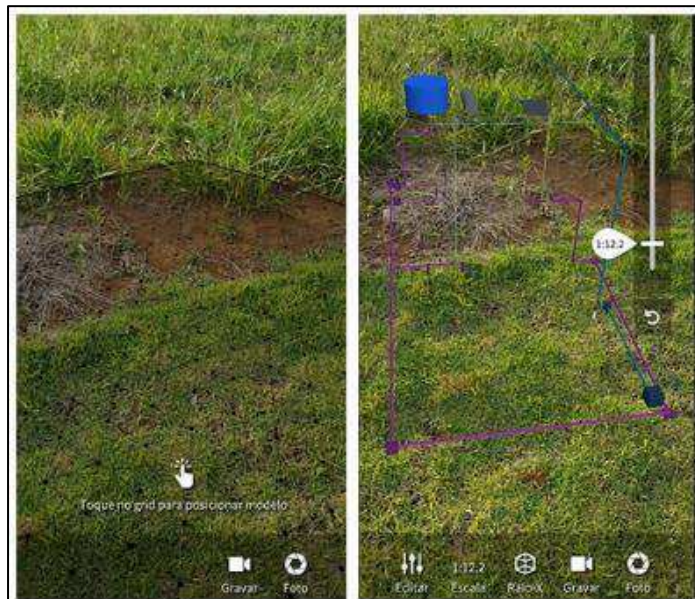
Para visualização de um projeto em Realidade Aumentada, é preciso a princípio, conferir qual dispositivo eletrônico será usado, e posteriormente verificar se ele suporta as tecnologias *ARCore* ou *ARKit*. Aparelhos celulares lançados a partir de 2017 já possuem essas técnicas (AUGIN, 2018). Tillman e Betters (2019) dizem que nem todos os dispositivos *Android* suportam o *ARCore*, em termos gerais, apenas aqueles com versões 7.0 ou posteriores.

A inteligência *ARCore* foi desenvolvida pela empresa Google e possibilita que desenvolvedores criem aplicativos de RA para dispositivos que façam uso do sistema operacional móvel Android; enquanto a *ARKit*, foi criada pela Apple, e foi destinada aos dispositivos de sistema iOS.

Os aparelhos que fazem uso desses sistemas conseguem fazer a leitura de superfícies apenas com o simples ato de apontar a câmera do aparelho para o local, enquanto aqueles que não possuem, precisam de algum marcador, impresso ou digital, que servirá como base para inserção do modelo.

Na Figura 31, é possível observar primeiramente uma projeção em forma de grade fazendo o reconhecimento da superfície; depois disso, basta dá um toque na tela, e o modelo em RA aparecerá.

Figura 31: Reconhecimento de superfície no Augin para RA



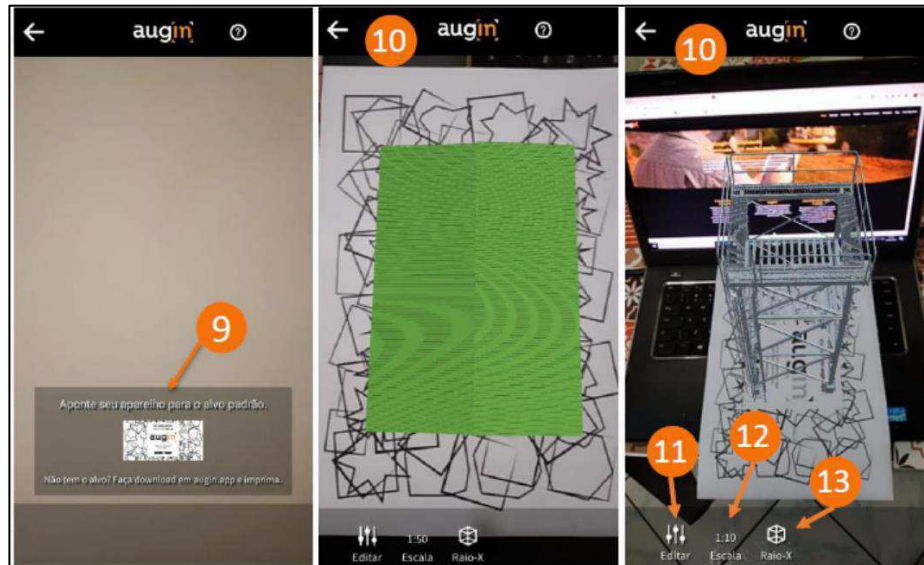
Fonte: adaptado de Ferreira (2020)

No caso dos aparelhos que não possuem o sistema citado, é preciso usar um Alvo padrão; entendido como uma Marcação Fiducial. Essa marcação é basicamente, a utilização de símbolos baseados em formas geométricas planas simples: quadrados e círculos, nas cores Preto e Branco. Quando se aponta uma câmera digital para ela a imagem gerada consegue se decompor e identificar os símbolos ali dispostos. Esse reconhecimento permite extrapolar as informações de perspectiva/profundidade e por

fim, determinar o ponto de vista relativo da câmera em relação ao símbolo, tornando possível a visualização da RA (FERNANDES, 2012).

Na Figura 32 é possível visualizar a aplicação do Alvo padrão disponibilizado para os modelos de RA pela plataforma Augin.

Figura 32: Uso de Alvo Padrão



Fonte: adaptado de Raoli (2020)

- **Aplicação de texturas**

A aplicação de texturas já era possível na tecnologia da Realidade Virtual. Vários *softwares* possibilitam ambientes realísticos nos quais o usuário pode caminhar e visualizar cada detalhe, no entanto, o surgimento da Realidade Aumentada trouxe uma nova forma de mostrar os modelos aos seus clientes, surpreendendo-os com a simples aplicação da maquete em qualquer lugar, sem necessitar de equipamentos especiais e de uma imersão ao ambiente virtual. Entretanto, são poucos os *softwares* que fornecem essa situação de forma realística; os produtos possuem texturas e cores, mas não transmite a sensação de ser real.

O Augin introduziu recentemente a tecnologia que promove a inserção de texturas ao modelo. Essas devem ser especificadas no *software* usado para modelagem e posteriormente ser carregada junto ao objeto para a plataforma Augin, em uma pasta compactada, e posteriormente deve ser feito o Upload do objeto no formato FBX.

Na Figura 33 é possível visualizar a esquerda o objeto poltrona sem aplicação de texturas; e a direita uma poltrona com as texturas.

Figura 33: Inserindo texturas no Augin



Fonte: adaptado de Holsback (2020)

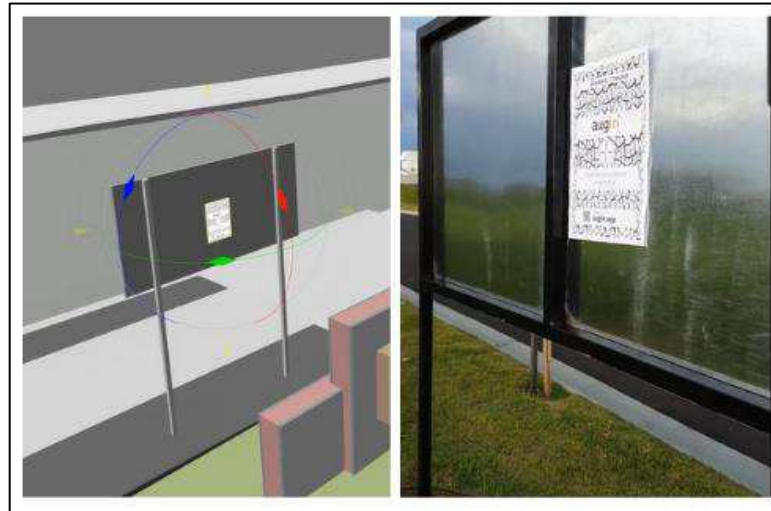
- ***Reference Tracker***

O *Reference Tracker* possibilita estabelecer um vínculo entre um ponto no canteiro de obras e um no modelo digital. Essa referência é basicamente um código visual em formato de folha; tendo o seu formato digital, que poderei mover e dispor em alguma coordenada do projeto; e o formato real em PDF, que deverá ser impresso e disposto no mesmo local escolhido como referência. O local mais indicado para fixar os símbolos é na placa de indicação da obra, já que é um elemento exigido por Norma nas construções. É importante enfatizar que, essa placa deverá ser inserida também no ambiente virtual.

Por fim, será possível visualizar o projeto virtual no terreno em que a edificação será construída. Para isso, basta apontar a câmera do aplicativo Augin para a folha impressa e automaticamente o protótipo aparecerá automaticamente na posição, rotação e escala correta, tornando a visualização mais realística e prática.

Na Figura 34 é possível visualizar a esquerda a aplicação do Reference no projeto digital; e a direita a disposição do PDF impresso, na placa da obra.

Figura 34: Aplicação do *Reference Tracker*



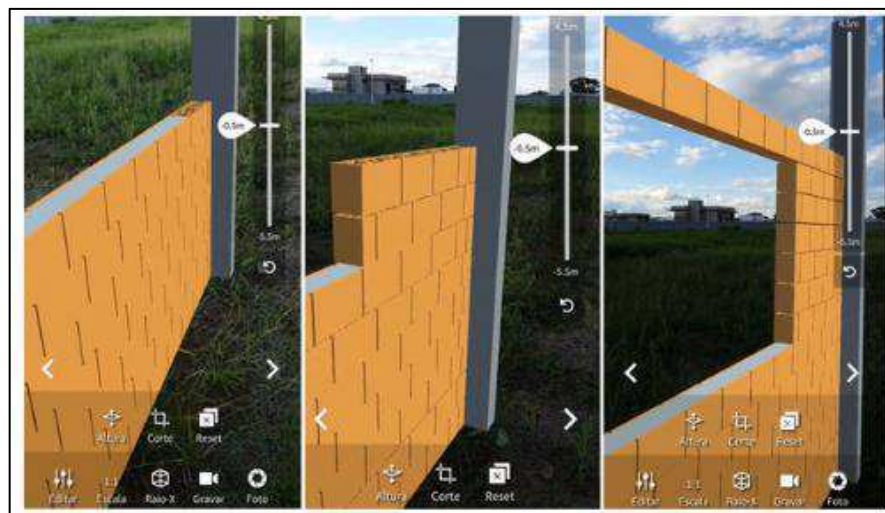
Fonte: adaptado de Ferreira (2020)

- **Experiência 4D**

A experiência 4D está ligada diretamente à educação, facilitando o ensino por meio de tutoriais de execução. Isso é possível graças a conversão sequenciada de vistas isométricas (3D) do modelo para o 4D. Como resultado têm-se uma espécie de vídeo interativo, criado pela que junção das projeções. “Dessa forma cada passo de um projeto pode ser demonstrado em realidade aumentada, como um tutorial, sequência ou avanço físico” (AUGIN, 2018, p. 08).

Na Figura 35 é possível visualizar as etapas de apresentação do objeto por meio da experiência 4D.

Figura 35: Visualizando a experiência 4D



Fonte: adaptado de Ferreira (2020)

- **Modelos Federados**

A função dos modelos federados consiste em coordenar em um mesmo modelo 3D, diferentes disciplinas, como por exemplo, os modelos: estrutural, arquitetônico, hidrossanitário e elétrico; para posteriormente filtrá-las em realidade aumentada, podendo visualizar cada uma individualmente ou em conjunto com as demais selecionadas (AUGIN, 2018).

O uso dessa ferramenta possibilita a visualização completa da construção. Sua principal utilidade está relacionada a análise de conflitos/incompatibilidades entre disciplinas.

- **Experiência em Vídeo**

Essa experiência veio para somar, no que se trata de levar informações para o canteiro de obras, e aumentar os níveis de detalhamentos das pranchas de projeto. Com ela, o usuário só precisa apontar o aplicativo para a imagem (Imagem destino) presente na folha e um vídeo inicia-se em RA.

Algumas exigências precisam ser seguidas ao se utilizar essa ferramenta, são elas:

- Cada vídeo precisa de uma imagem de destino, que servirá como um *QR Code*, para poder usar a RA. É importante citar que ao usar uma mesma imagem de destino para vídeos diferentes pode gerar erros de leitura;

- O formato de destino suportado é JPG, de no máximo 5MB;
- O formato do vídeo suportado é MP4;
- Restrições de até 10 vídeos, e que cada um apresente no máximo um minuto e 200MB.

- Outra dica a ser seguida é a verificação de destino do vídeo e da imagem, de modo a garantir que ambos tenham as mesmas proporções de tamanho.

Na Figura 36 é mostrado como exemplo um quadro de vídeo disposto em uma folha de projeto, com o intuito de instruir quando a instalação de uma peça sanitária.

Figura 36: Visualizando vídeos presente na folha de projeto, através do aplicativo Augin



Fonte: adaptado de Ferreira (2020)

- **Informações BIM**

Anteriormente, foi citado que a presença de informações no modelo é o que caracteriza o BIM; e posteriormente foi mostrado que a RA está inclusa nessa metodologia justamente por propiciar essa visualização junto ao projeto em Realidade.

Com apenas um clique no objeto, o Augin consegue ler as informações vindas do IFC e projetá-las na tela do visualizador. Como exemplo a Figura 37, que mostra barras indicadoras referente aos elementos do projeto apresentado em RA; a esquerda pode-se notar informações relacionadas a laje selecionada na maquete estrutural, enquanto na imagem à direita, é possível observar informações sobre a porta usada no modelo arquitetônico.

Figura 37: Informações BIM de elementos em IFC



Fonte: adaptado de Ferreira (2020)

4 METODOLOGIA

4.1 Considerações iniciais

O presente capítulo tem a finalidade de descrever a metodologia proposta que será utilizada, para que seja possível alcançar os objetivos gerais estabelecidos no estudo. Para isso, o trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira consiste no levantamento de informações relacionadas ao tema, se configurando como uma revisão bibliográfica, que vai do surgimento das realidades até a sua aplicação e utilidades nos dias atuais, com foco nas aplicações na indústria AEC. Na segunda, será mostrado a aplicação da RA em um projeto, que posteriormente usado como um estudo de caso para medir a viabilidade de aplicação da RA, em uma obra pública, considerando-se que o governo foi um dos primeiros a ter iniciativas de aplicação da metodologia BIM no Brasil.

Para o desenvolvimento da segunda etapa foi preciso, primeiramente, fazer a escolha da obra para apresentação e avaliação da RA, sendo ela de responsabilidade da prefeitura municipal de Paulista-PB. Em seguida, foram pensadas algumas considerações a serem feitas antes de escolher o projeto que seria usado para medir os resultados, quando aplicados a equipe de obra.

O primeiro cuidado foi em ter um projeto diferente do da obra em questão, garantindo que a equipe não teria tido um primeiro contato com os modelos, a fim de evitar interferências na avaliação, principalmente ao que se refere ao entendimento do disposto em prancha.

O segundo tópico pensado foi o tempo gasto para fazer a apresentação e avaliação da RA, considerando que a equipe não pode parar sua produção por períodos consideráveis, logo, o estudo precisaria ser sucinto e objetivo, eliminando a necessidade de um projeto de grandes dimensões.

E por fim, foram priorizados projetos já existentes e desenvolvidos em metodologia BIM, tendo em vista que o foco principal do trabalho não é a modelagem, e sim a análise dela em uma nova ferramenta de visualização.

Depois da obtenção das disciplinas de projeto existentes e modelagem da complementar que faltou, através do Revit, *software* da Autodesk, foi aplicado os conceitos de interoperabilidade para carregá-los para o Revit, e em seguida levá-los

para a plataforma do aplicativo de visualização de Realidade Aumentada, Augin, por meio de um *plugin*.

Com as novas ferramentas do Augin, é dispensável a união de todos os projetos dentro do Revit. Como mostrado, aplicativo passou a fornecer a inteligência de federar modelos dentro da própria plataforma, ou seja, os modelos serão levados um a um e agrupados da maneira que for preferível a visualização no aplicativo.

Depois de inseridos na plataforma Augin, é possível gerar os *QR Codes* referente ao projeto, e posteriormente fazer a aplicação deles, seja por meio dos marcadores do tipo alvo-padrão ou reconhecimento de superfícies; possibilitado pela câmera do aparelho eletrônico escolhido, seja ele celular ou tablet.

O estudo teve a finalidade de explorar algumas das ferramentas fornecidas pelo Augin, como a escala interativa e a experiência em vídeo. Para isso foi proposta a manipulação das pranchas reais de projeto, agregando novos componentes de visualização, que foram apresentadas a equipe de obra do canteiro em questão. A aplicação da pesquisa foi desenvolvida pelo aparelho fornecido pela pesquisadora (*Smartphone Xiaomi Redmi Note 8*, 4GB Ram, Tela 6.3, 64GB, Câmera *Quad 48+8+2+2MP*), no entanto, também foi feito um levantamento para saber se a construtora disponibilizava algum aparelho eletrônico que possibilitasse a aplicação da RA para os operários, ou se eles possuíam, e se atendiam aos requisitos de uso da tecnologia proposta.

Por fim, foi feita uma análise comparativa por meio de questionários que foram lançados ao grupo focal (equipe de obra), de modo a medir qualitativamente a Realidade Aumentada para visualização de projetos, como: facilidades, dificuldades, desvantagens e potencialidades; e assim foi possível, mesmo com uma pequena amostra, medir a viabilidade de uso da tecnologia em meio a construção no sertão da Paraíba.

4.2 Aplicação da metodologia proposta

4.2.1 Apresentação do Modelo

O projeto escolhido para a aplicação do estudo consiste em um edifício residencial que foi projetado com o uso do *software* AutoCAD 2D, e construído em 2015. Posteriormente a edificação teve suas disciplinas de arquitetura,

hidrossanitário e estrutural modeladas em Revit 2019 por Oliveira (2018); a fim de medir as ferramentas BIM associadas à realidade virtual, com o intuito de detectar os conflitos originados pela modelagem em apenas duas dimensões.

Como já mencionado na proposta metodológica, o presente estudo visava a aplicação da RA a uma modelagem pré existente, no entanto, por se tratar de um edifício de tamanhos consideráveis, foi tomado o cuidado de fazer um recorte de apenas um apartamento modelo, e nele fazer o complemento com a modelagem do projeto elétrico.

Na Figura 38 é possível visualizar o modelo arquitetônico desenvolvido por Oliveira (2018) e ao lado a obra já finalizada e em uso.

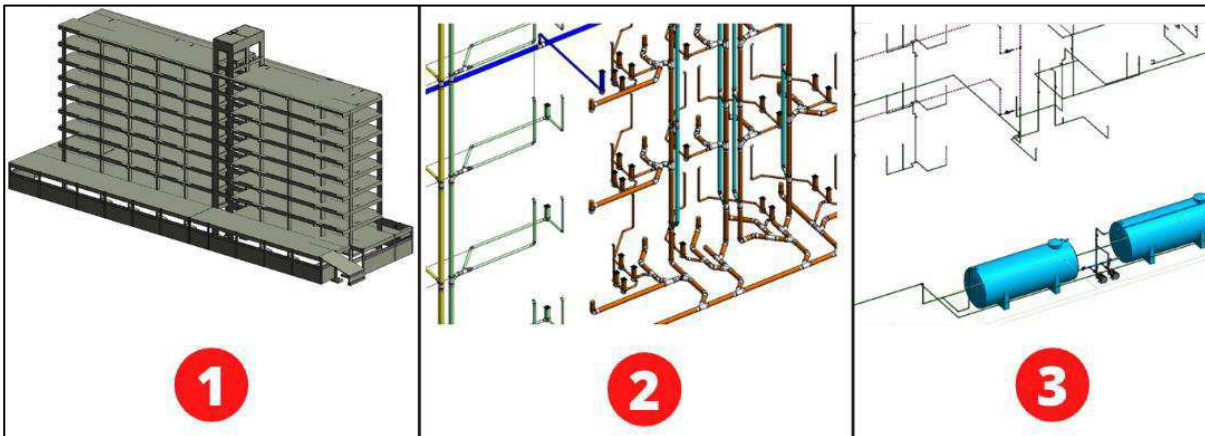
Figura 38: Modelo arquitetônico em 3D e construção finalizada



Fonte: adaptado de Oliveira (2018)

Nas Figura 39 é possível visualizar o restante dos projetos citados; estrutural e hidrossanitário, contendo instalação de água fria, esgoto e captação pluvial.

Figura 39 - Projetos Estrutural e Hidrossanitário



Fonte: adaptado de Oliveira (2018)

4.2.2 Região de estudo

A edificação de estudo tem seus modelos projetuais configurados como pavimento tipo. A Figura 40 mostra a quantidade de apartamentos por andar e como está disposto os ambientes dele, para essa edificação.

Figura 40: Pavimento tipo da edificação



Fonte: adaptado do acervo de Oliveira (2018)

Para início ao projeto foi escolhido o apartamento 01, como modelo a ser potencializado e apresentado no estudo, sendo preciso fazer um recorte da região em todos os projetos já desenvolvidos, contendo uma suíte, quatro dormitórios, três banheiros, sala de estar e jantar, varanda, cozinha e área de serviço, conforme a Figura 41.

Figura 41: Região de projeto

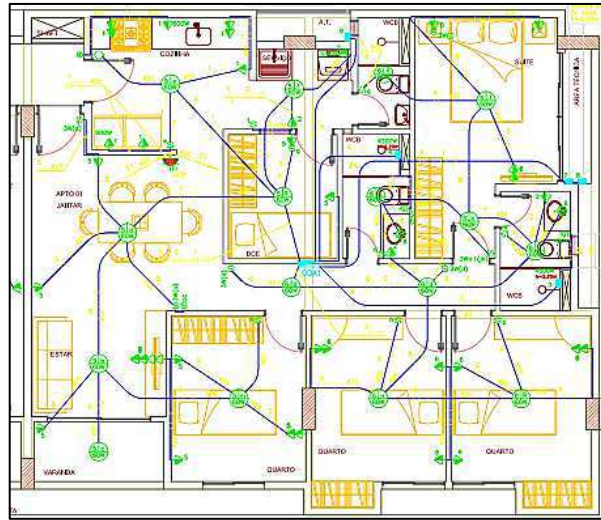


Fonte: adaptado do acervo de Oliveira (2018)

4.2.3 Modelo de instalações Elétricas

Com a aquisição de todos os projetos feitos para a construção do edifício em DWG, foi possível estabelecer um padrão a ser seguido, e com a simples modelagem no *software* Revit e posterior visualização através da RA, possibilitando a verificação de qualquer incompatibilidade projetual e também uma melhor idealização das áreas em que o projeto 2D não se mostrou o suficiente para o bom entendimento e interpretação.

Para complementar os modelos já existentes em RVT, foi desenvolvido também o projeto elétrico. Tendo em vista que ele é um projeto que geralmente não tem vistas isométricas e muitos detalhes executivos em sua composição de prancha. Na Figura 42 é possível visualizar o projeto referente ao apartamento escolhido em formato DWG.

Figura 42: Projeto elétrico em AutoCAD

Fonte: adaptado do acervo de Oliveira (2018)

4.2.4 Aplicação da Realidade Aumentada

Com os projetos já em BIM, pode-se aplicar a RA por meio do *software* Augin, o qual foi mostrado todas as vantagens e utilidades no tópico do Referencial Teórico. Para dar início a preparação dos modelos foi preciso seguir os passos presentes no Apêndice 03, o qual mostra como deve ser feita a exportação do modelo.

Ao finalizar os primeiros passos, foi possível fazer já a captação do *QR Code*, Alvo-Padrão e *Reference Tracker*, enviados automaticamente para o e-mail cadastrado na plataforma pelo usuário para compor a folha de projeto, ou até mesmo, o simples envio do mesmo por meio da conta do usuário através de redes sociais. Na Figura 43 é mostrado a interface Augin com o modelo 3D e as opções de envio e *QR Code*. Na forma de visualização vista, o usuário consegue rotacionar e dar zoom no elemento para visualizar o modelo, entretanto, o aplicativo permite ir além desse modo, trazendo mais realismo a concepção, com o uso da aplicação em superfície e em escala interativa.

Figura 43: Modelo em interface 3D no Augin



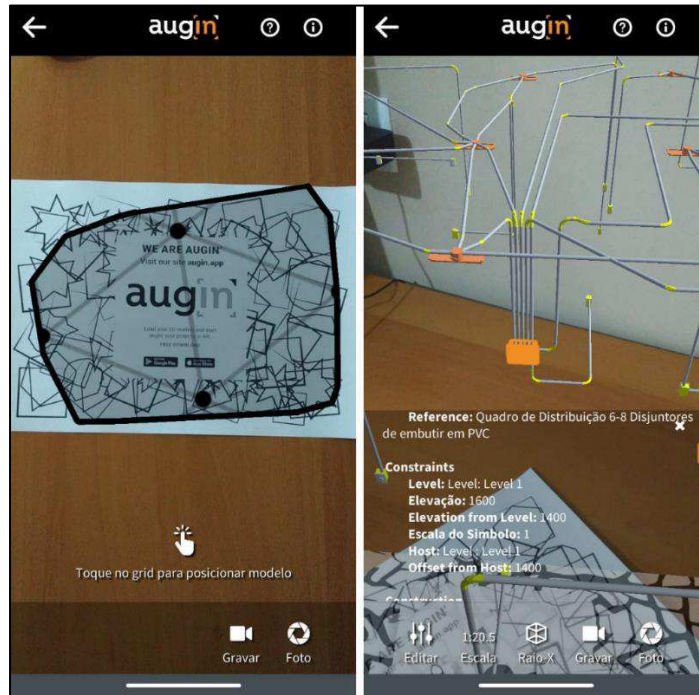
Fonte: Autor

Para prosseguir nas aplicações que o Augin fornece, foi feito o envio de todos os projetos seguindo os passos do Apêndice 03, para que por fim tivéssemos os modelos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, todos em RA.

Depois de inseridos na plataforma, conseguimos acessar qualquer modelo, seja na tela do aparelho eletrônico ou no espaço real. Depois dessa inserção, é possível fazer o ajuste para escala que for desejada a visualização, inclusive na 1:1 (real), possibilitando ao usuário uma melhor noção de locação dos elementos.

Como já foi ressaltado, alguns aparelhos ainda não possuem a tecnologia que possibilita a visualização por reconhecimento de superfícies, portanto, também foi usado o Alvo-Padrão impresso, como mostrado na Figura 44. Ainda neste modelo foram vistas informações dos elementos, o que torna a Realidade Aumentada uma ferramenta BIM de fato. Ao clicar em um dos componentes do modelo, apareceu no canto inferior da tela do aparelho, como mostrado Figura 44 as descrições contidas e advindas do *software* de concepção do projeto, no caso, o Revit.

Figura 44: Uso do Alvo-padrão e Informações BIM, no projeto elétrico



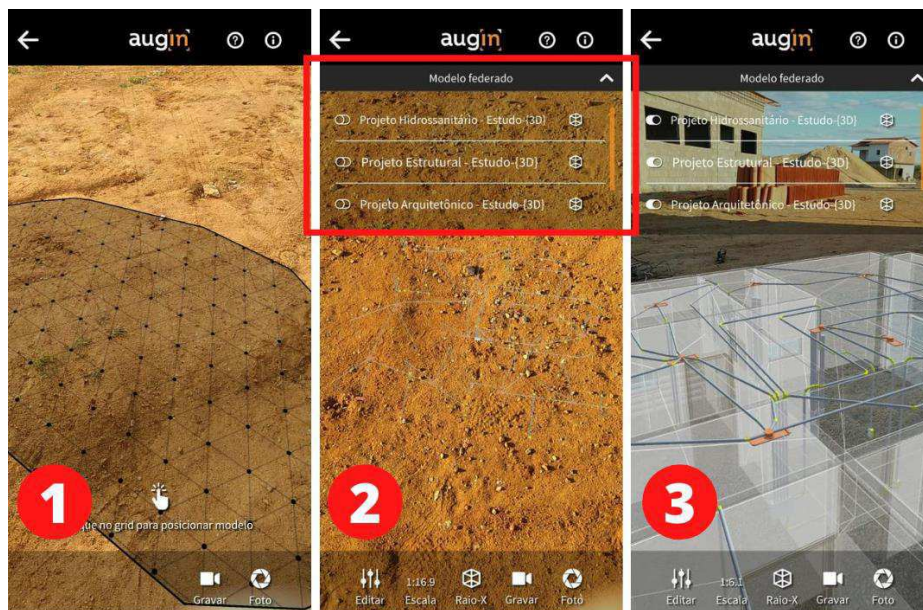
Fonte: Autor

4.2.4.1 Visualização do Modelo Federado

Outra forma de exibição possível no Augin, é utilizando a ferramenta de modelos federados. Como já explicado, nele é possível visualizar todos os modelos que compõe a edificação de uma vez, ou fazendo combinações de visualizações, como hidrossanitário e elétrico, ou elétrico e estrutural; a fim de visualizar como ficará após todos serem executados, ou até mesmo, incompatibilidades entre eles. Para a concepção dessa técnica, foi preciso seguir os passos presentes no Apêndice 04.

Depois de ter sido criado, o modelo federado apareceu como apenas um modelo na tela, e para visualização dos demais foi preciso habilitá-los, como mostra a Figura 45.

Figura 45: Visualização do Modelo Federado



Fonte: Autor

Por possibilitar a visualização dos modelos de arquitetura, estrutura e instalações, federados, a Realidade Aumentada pode ser usada para identificar possíveis interferências entre os modelos. Existem diversos *softwares* especializados em fazer essa detecção, no entanto, a maioria requer a instalação de *softwares* especiais e que necessitam de um entendimento de uso maior, diferentemente da RA. Logo, é possível cogitarmos esse uso visando a otimização de tempo e acessibilidade

que ela propõe, trazendo mais uma ferramenta que poderia ser implementada para identificar possíveis erros, seja no canteiro de obras ou ainda nas fases projetuais.

4.2.5 Elaboração de folhas de projetos

4.2.5.1 Projeto escolhido para aplicação

Dentre os modelos fornecidos e as condições de obra, foram considerados alguns requisitos que contribuiriam para a escolha do modelo a ser usado como base para o estudo comparativo das folhas projetuais.

- **Projeto Estrutural:** Faltou informações nos modelos fornecidos. Só foi disponibilizado, basicamente, a planta de forma das lajes, pilares e vigas, que foram suficientes apenas para a modelagem do modelo sem a presença das armaduras;
- **Projeto Arquitetônico:** Foi fornecida apenas a planta baixa geral;
- **Projeto de Instalações Elétricas:** Foram fornecidas todas as informações do projeto, no entanto, a equipe de obra a qual ele iria ser apresentado não trabalhava com a execução dos projetos elétricos, o que seria menos interessante para a pesquisa a apresentação de tal modelo;
- **Projeto Hidrossanitário:** O projeto disponibilizado de água-fria estava completo e continha todas as informações necessárias para folha de projeto, enquanto, a de instalações de esgoto faltava algumas informações, como especificação de diâmetros, traçados em desconformidade normativa etc.

Com base no fornecido, foi pensado na aplicação de um dos modelos que estivesse com todas as informações originais e que fossem suficientes para a elaboração da folha derivada do AutoCAD – 2D, sem a necessidade de acréscimos, configurando-se como a planta original da edificação. Levando também em consideração o tempo que seria preciso para apresentar o modelo a equipe, foi escolhido o projeto de Instalações de Água-Fria, que se mostrou mais suscinto e com vistas de detalhes e legendas suficientes para a elaboração da Folha-01.

4.2.6 Organização da Folha-01 de projeto

A Folha-01 contém o projeto original usado na construção da edificação. Como já foi citado, ele não foi desenvolvido fazendo uso da metodologia BIM, logo, será usado para fazer um comparativo com sua versão aplicando a nova metodologia. Nela foi disposta a planta baixa do apartamento 01, justamente com o encaminhamento da tubulação de água-fria projetado e usado na construção da edificação. Além da planta, foi disponibilizado também alguns detalhes em corte e legenda, que especificavam o local de disposição dos elementos hidráulicos.

Algumas informações contidas no projeto não condiziam com os detalhes fornecidos, logo, para fazer uma apresentação sem a presença de erros nítidos, foi preciso fazer alguns pequenos ajustes no projeto original.

4.2.7 Organização da Folha-02 de projeto, em BIM

A Folha-02 foi criada a partir do modelo hidrossanitário modelado por Oliveira,2018; no entanto, a mesma havia sido criada fielmente ao modelo original, o qual apresentou pequenos erros. Logo, também foi preciso fazer alguns ajustes no projeto.

O projeto foi disposto no Revit seguindo as configurações de disposição da Folha-01, respeitando escalas, cortes e legendas. Posteriormente, foi acrescentado as ferramentas fornecidas pela RA.

4.2.8 Experiência em Vídeo

Um dos componentes da nova folha de projeto foi a experiência em vídeo, criada seguindo os passos do Apêndice 05, na plataforma Augin. Como o próprio nome já intui, essa ferramenta possibilita a inserção de informações por meio de vídeos que poderão ser visualizados assim que o usuário direcionar a câmera do aplicativo Augin, para o código em formato de imagem escolhida para o vídeo. Com isso é possível acrescentar instruções técnicas e executivas dos elementos que forem necessários, e que facilite o entendimento daqueles que irão executar.

4.2.9 Realidade Aumentada do modelo

Para visualização do projeto de água-fria, foi acrescentado o *QR Code* que possibilita a visualização do modelo em várias formas, e que será usado no canteiro de obras como uma das novas ferramentas de visualização dos projetos.

4.2.10 Aplicação Prática do estudo

O canteiro de obras escolhido para a apresentação da experiência de Realidade Aumentada foi de uma escola com padrão construtivo FNDE. Ela encontrava-se com fases de execução variadas e com uma média de 12 trabalhadores ativos diariamente. Na Figura 46 pode-se visualizar, o bloco central ainda tendo sua estrutura montada; enquanto os blocos laterais estavam recebendo o acréscimo das alvenarias, instalações elétricas e cobertura; e as passarelas de ligação entre blocos estavam tendo suas fundações preparadas para o posterior lançamento da estrutura.

Figura 46: Cenário central da obra de aplicação do estudo



Fonte: Autor

Como estava sendo desenvolvido muitos serviços simultâneos e que não poderiam ser interrompidos, foi pensado em aplicar o estudo de forma individual. Maneira acordada com a construtora responsável e com os trabalhadores. Assim, conseguiríamos apresentar bem a experiência de Realidade Aumentada sem prejudicar o andamento da construção e nenhuma atividade da obra teria toda sua equipe inserida no estudo simultaneamente.

A apresentação da experiência a equipe da obra ocorreu em duas etapas:

Primeira: Consistiu em explicar o que era a RA e como funcionava os marcadores (*QR Codes*) e o aplicativo Augin, tirando todas as dúvidas do grupo focal no que se refere a usabilidade e acessibilidade. No final da apresentação, foi proposto um questionário prévio para medir o primeiro contato com a tecnologia.

Segunda: Realizou-se a exibição de duas/ folhas de projetos diferentes, uma derivada do AutoCAD, que são os modelos originais do projeto usado para a construção do edifício empregado no estudo; e outra do Revit, o qual teve que ser preparado e detalhado em folha, acrescentando vistas 2D e 3D, juntamente com marcadores para visualização da experiência em vídeo e da RA.

No final dessa etapa também foi aplicado questionários, com o intuito de medir qual folha de projeto mais facilitava a leitura e interpretação da edificação.

4.2.10.1 Elaboração dos Questionários

Para elaboração das perguntas presente nos questionários citados na primeira e segunda etapa da aplicação do estudo, e disposto no Apêndice 01, foram levados em consideração os objetivos específicos que o trabalho pretendia atender, sendo assim, os questionamentos precisariam possibilitar concluir todas as interrogativas de forma não tendenciosa.

Em um primeiro momento as indagações tiveram um caráter mais pessoal, a fim de saber o conhecimento dos operários em relação a RA, o acesso a aparelhos que possibilitassem o uso desta tecnologia, o nível de contato deles com projetos e também as dificuldades de leitura e interpretação destes, pelos trabalhadores.

Já em um segundo momento, Etapa 02, as perguntas foram elaboradas baseadas nas ferramentas Augin que seriam apresentadas ao grupo, ao nível de entendimento quando comparado ao até então convencional modelo de representação de projetos, e por fim, investigou-se o nível de aceitação dos profissionais para o todo apresentado.

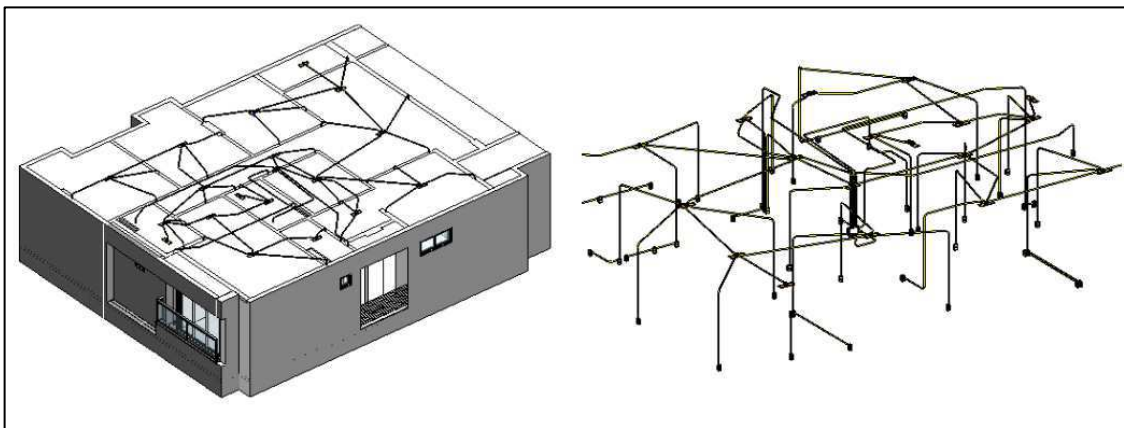
Para que essa entrevista fosse possível, ainda se elaborou um Termo de consentimento livre esclarecido (TCLE), disposto no Apêndice 02, contendo informações sobre a pesquisa e pedindo autorização para os entrevistados participarem do estudo, contribuindo com suas respostas de forma gratuita e voluntária.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Complemento dos modelos

O desenvolvimento do projeto elétrico foi feito tomando como base o projeto original, respeitando suas disposições e encaminhamentos. Na Figura 47 é possível visualizar o resultado da modelagem.

Figura 47: Modelagem do projeto de instalações elétrica



Fonte: Autor

Construir um modelo 3D a partir do 2D sem a presença de bons detalhamentos foi uma atividade difícil. Em alguns trechos, por exemplo, não estava claro como se dava o encaminhamento dos eletrodutos, o que implicaria em tomadas de decisões precipitadas no momento da execução, pelo executor, ou até no retorno do projeto para revisão.

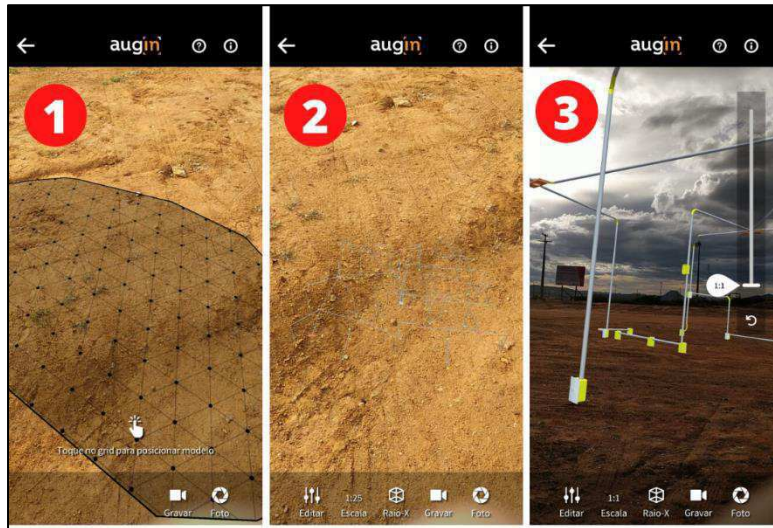
Estes problemas se tornam relevantes quando foi estimado o tempo que seria gasto na interpretação do projeto no canteiro de obras, interferindo diretamente no ritmo de produção, e possibilitando decisões que poderão até ser bem pensadas para tal projeto, mas que não terá compatibilidade com os demais.

5.2 Visualização do modelo em RA

Depois da criação do modelo elétrico, foi feito o teste usando a plataforma Augin para visualização em RA, e como resultado obteve-se o mostrado na Figura 48.

Lembrando que o modelo também poderia ser visualizado com a utilização do alvo-padrão.

Figura 48: Visualização do primeiro modelo em RA



Fonte: Autor

5.2.1 Detecção de conflitos por RA

Usando a ferramenta dos modelos federados, foi feito o encaminhamento por toda a construção, usando das combinações de visualização entre os projetos, com o intuito de verificar a existência de erros projetuais. Abaixo, foram dispostos os resultados obtidos de algumas interferências encontradas, através de imagens e comentários baseados no projeto original.

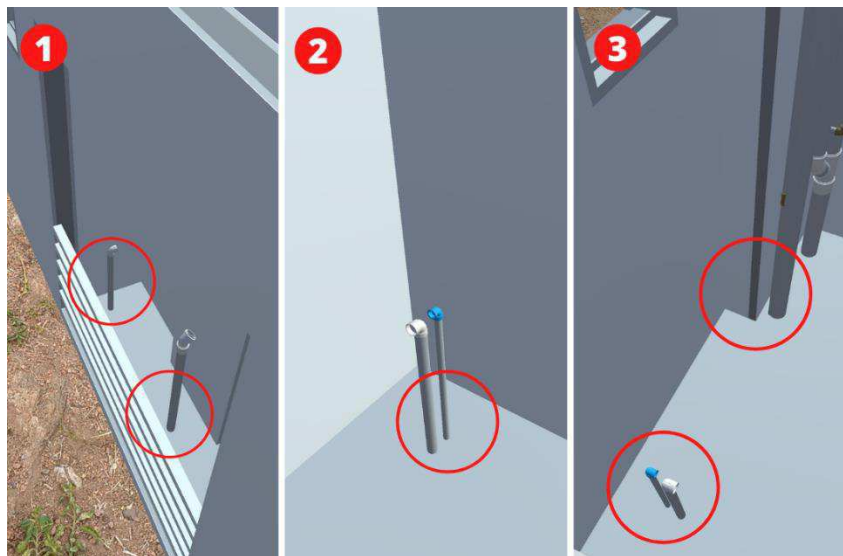
Na Figura 49, pode-se visualizar as inconformidades ocasionadas por deslocamento dos modelos. Na primeira imagem do conjunto (1), é visto que a tubulação de esgoto que se conecta a Área de Serviço, para atender a máquina de lavar roupas e tanque, estavam deslocadas da alvenaria a qual deveriam estar embutidas. Enquanto na 2 e 3, foi possível ver o afastamento da tubulação conectada ao lavatório da Suíte, e da tubulação que deveria estar no interior do *Shaft*.

A fim de justificar o porquê de tais divergências, foi-se estudada a disposição e sobreposição da planta original do projeto arquitetônico com a planta usada para elaboração do projeto hidrossanitário. Ao analisar, foi notável que ambas divergiam,

dando a impressão de que o modelo base sofreu alterações que não foram atualizadas nos documentos fornecidos como base para concepção do projeto hidrossanitário.

Nesse primeiro momento, já podemos fazer uma breve consideração ressaltando a importância não só da compatibilização dos modelos na fase projetual, mas também da vinculação entre eles, onde caso um deles for alterado, o outro a qual ele está vinculado recebe automaticamente o aviso e as atualizações, sem necessidade de importação novamente.

Figura 49: Incompatibilidades entre projetos Hidrossanitário e Arquitetônico



Fonte: Autor

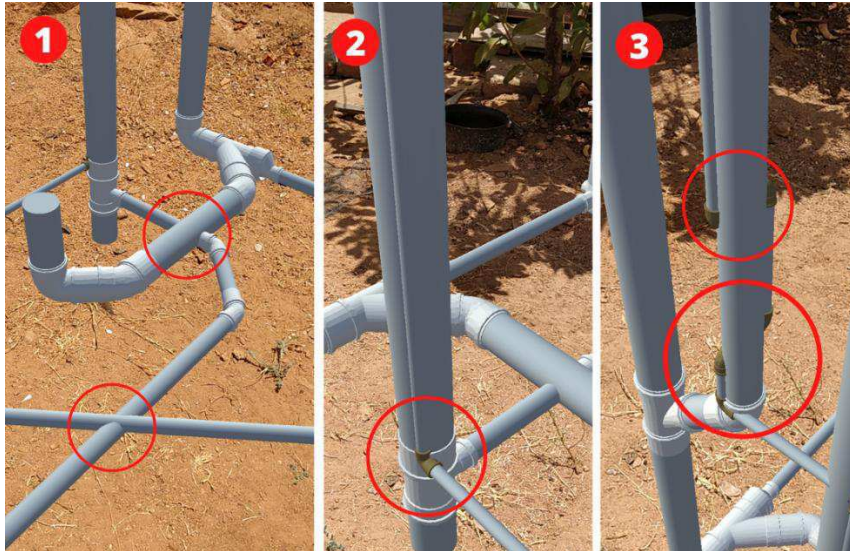
Na Figura 50, foram dispostas as interferências encontradas apenas no projeto hidrossanitário. Na primeira imagem (1) pode-se notar interferências entre as tubulações de esgoto entre si, enquanto nas próximas vistas (2) e (3), as interferências foram entre tubulação de água-fria e tubo de queda de esgoto.

Ao pesquisar possíveis justificativas para tal erro, foram enaltecidas as informações inexistentes do projeto de esgoto citadas na metodologia deste trabalho. A falta de especificações como níveis (cota vertical) de cada ponto da tubulação acarretou dúvidas na etapa de modelagem no *software* BIM, e possivelmente na execução da obra. Logo, necessitaria de detalhamentos que especificassem pelo menos como se daria o rebaixamento desta tubulação.

Como justificativa dos erros encontrados entre água-fria e esgoto, foi notável que os projetos não haviam sido compatibilizados, pois as tubulações apareciam

totalmente sobrepostas, em alguns pontos. Essa análise foi feita através da sobreposição dos projetos em CAD.

Figura 50: Incompatibilidades no projeto Hidrossanitário

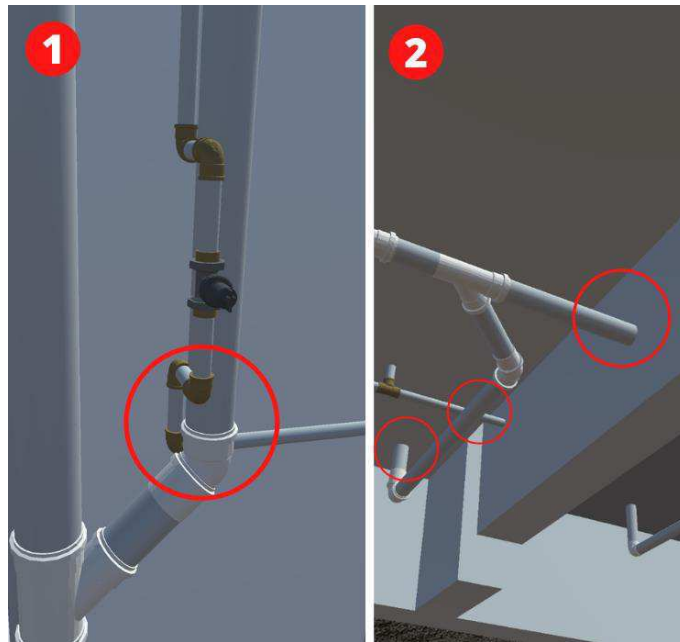


Fonte: Autor

Na Figura 51, foram mostradas incompatibilidades com as mesmas características presentes na Figura 50, interferências e sobreposições dos modelos, agora encontrados na suíte. Além dessas, na segunda imagem (2) é visto o encaminhamento do esgoto junto ao modelo estrutural, e nele também é percebido o cruzamento entre os elementos. Neste caso, nem sempre será caracterizado como uma interferência, tendo em vista que as normativas de projetos estruturais permitem a passagem de elementos até um certo tamanho.

Sendo assim, o uso dos modelos federados na RA poderia servir como uma visualização simplificada que possa alertar os projetistas estruturais, quanto a interferências que possam ser preocupantes no comprometimento da estrutura, e que precisarão ser analisadas.

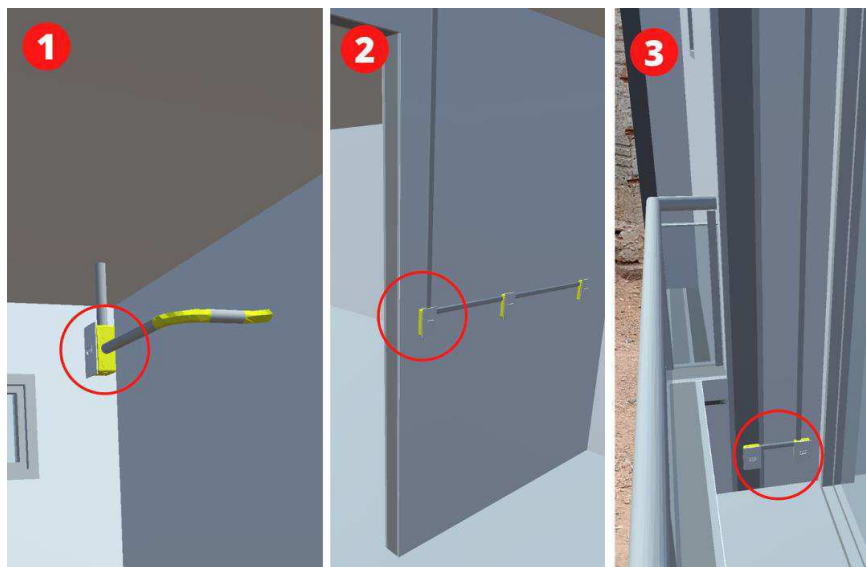
Figura 51: Incompatibilidade entre projetos Hidrossanitário e Estrutural



Fonte: Autor

Tomando o mesmo caráter de desconformidades mostradas na Figura 49, a combinação de visualização entre projeto elétrico e arquitetônico reforçou a diferença entre as plantas do modelo, tendo em vista o deslocamento dos elementos em alguns pontos do apartamento, como mostrado na Figura 52.

Figura 52: Incompatibilidades entre projetos Elétrico e Arquitetônico

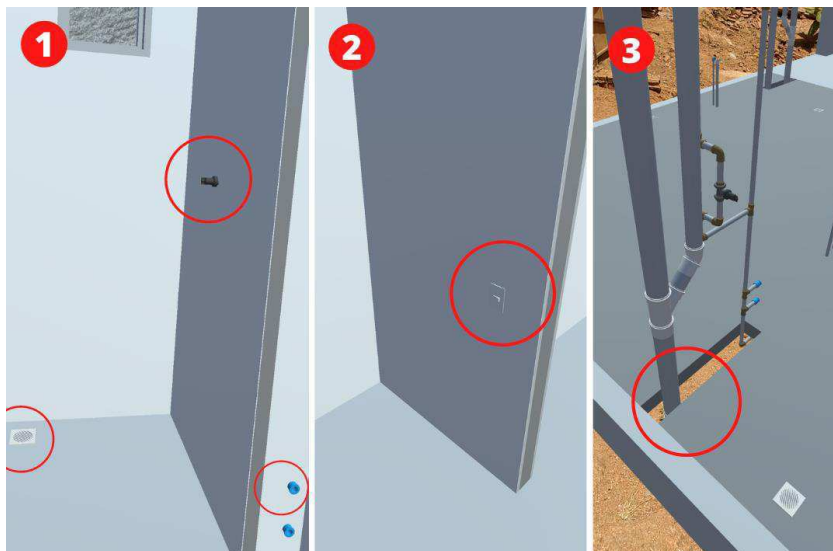


Fonte: Autor

Diferentemente das imagens mostradas acima, na Figura 53 foi organizada uma sequência de pontos que apresentação conformidades quanto a compatibilização dos projetos. Nesta, é possível visualizar o alinhamento dos elementos hidrossanitários (1), de tomadas (2), e também, a inserção correta dos tubos de queda e prumadas no recorte do *shaft* da laje estrutural.

Com essa análise, pode-se reforçar a existência de erros de dimensões em apenas alguns pontos, podendo ter sido ocasionado por pequenas alterações projetuais que não foram atualizadas nos demais projetos.

Figura 53: Amostra de conformidades



Fonte: Autor

5.3 Organização da Folha-01 de projeto

A Folha-01 contém o projeto original usado na construção da edificação a qual fora disponíveis os modelos. Nela foi disposta o recorte da planta baixa do apartamento 01, justamente com o encaminhamento da tubulação de água-fria. Além da planta, foi disponibilizado também alguns detalhes em corte e legendas, que especificavam o local de disposição dos elementos hidráulicos. Como já foi citado, ele não foi desenvolvido fazendo uso da metodologia BIM, portanto, a folha será usada para fazer um comparativo com sua versão aplicada a nova metodologia.

Ao analisar os detalhes foi possível notar que algumas informações contidas não condiziam com a disposição hidráulica em planta. Logo, para fazer uma apresentação sem a presença de erros nítidos, foi preciso fazer alguns ajustes no projeto original. O resultado da reorganização da folha está disposto no Apêndice 6.

5.4 Elaboração da Folha-02 de projeto, em BIM

A Folha-02 foi criada a partir do modelo hidrossanitário modelado por Oliveira (2018). No entanto, ela havia sido desenvolvida fielmente ao modelo original, o qual apresentou pequenos erros, como deslocamentos dos pontos hidráulicos da face das paredes, tubulação de queda em desacordo com o posicionamento dos *shaft's*, chamadas de detalhes não condizentes com o leiaute do projeto etc. Portanto, também foi preciso fazer alguns ajustes no projeto. Na Figura 54 foram dispostos os códigos de acesso a RA.

Ao final da elaboração junto as ferramentas de Realidade Aumentada, obteve-se a folha mostrada no Apêndice 7.

Figura 54: Códigos para visualização da RA na Folha-02



Fonte: Autor

A visualização do modelo fazendo uso do alvo-padrão, presente no Anexo 1, e verificação das informações BIM, podem ser visualizadas na Figura 55.

Figura 55: Visualização por alvo-padrão e verificação de informações BIM



Fonte: Autor

5.5 Apresentação da RA no canteiro de obras

Como já foi discriminado na metodologia deste trabalho, a obra escolhida para a apresentação da RA aos operários estava com várias fases executivas em andamento. No entanto, a construtora relatou estar trabalhando com o mínimo de trabalhadores possíveis, primeiramente por questões de saúde, perante a pandemia do COVID-19 vivenciada no momento, e por questões econômicas.

Foram constados 17 trabalhadores ativos no dia de aplicação do estudo, os quais tinham frequência constante na obra, todavia, apenas 14 participaram ativamente do questionário. A estes foram apresentadas as duas etapas do estudo, apresentação da RA e comparativo entre folhas de projeto.

Para sintetizar os resultados obtidos através dos questionários foram desenvolvidos inicialmente gráficos que facilitem a visualização das respostas relacionadas ao número de trabalhadores que a escolheram.

5.5.1 Resultados da Etapa-01

No Gráfico 1 foram dispostos os resultados referentes a algumas das perguntas da primeira fase, com caráter mais pessoal, como: possuir aparelho eletrônico compatível com a RA, uso do mesmo no canteiro e conhecimento prévio da tecnologia em estudo.

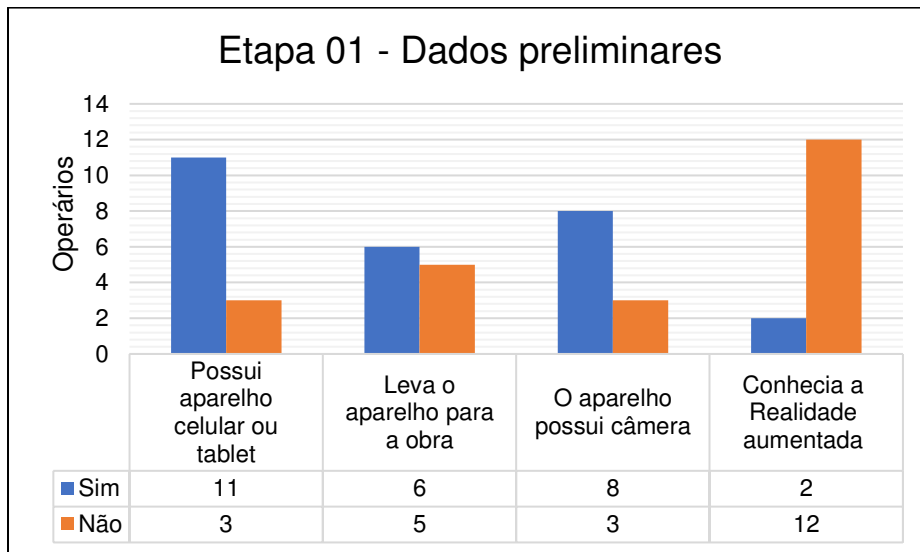
Como resultado para o primeiro e segundo questionamento, pôde-se notar que aproximadamente 79% dos entrevistados possuíam celular, no entanto só 43% levavam estes para a obra.

Além de possuir o dispositivo, é importante que ele possua câmera, para que assim consiga-se visualizar o modelo de RA. Em resposta, foi visto que 73% dos aparelhos portados atendiam a tal critério, ou seja, dos 14 entrevistados, apenas oito conseguiriam fazer uso da tecnologia mostrada com seus próprios aparelhos.

Estes questionamentos são de suma importância quando se pensa em um cenário de aplicação nas obras, pois possivelmente, precisaria partir das empresas a obtenção e fornecimento dos insumos necessários para o uso da RA, tendo em vista que a probabilidade de 100% dos trabalhadores possuírem aparelhos eletrônico compatíveis e disponibilizarem o uso no canteiro seria relativamente difícil de se obter.

Como complemento, ainda foi perguntado quais trabalhadores conheciam a Realidade Aumentada antes do estudo, e apenas dois responderam positivo. Em observação a este quesito, foi feito mais questionamento externos ao questionário planejado para os dois operários, a fim de saber, curiosamente, onde eles haviam tido tal experiência. Em contrapartida os mesmos comentaram ter visto por meio de redes sociais, com caráter de entretenimento e não voltado a construção civil.

Gráfico 1: Apresentação das respostas preliminares

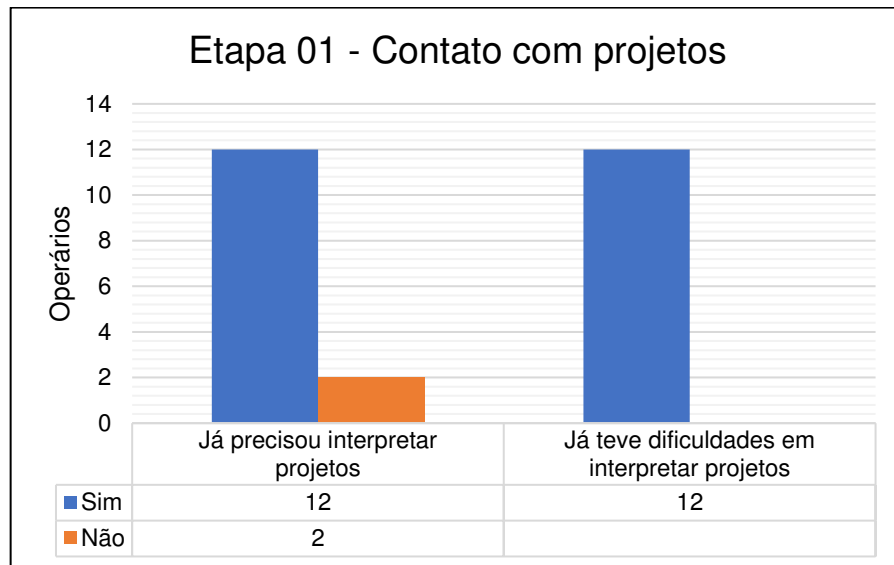


Fonte: Autor

Para finalizar as perguntas dispostas na primeira etapa da aplicação, foi perguntado quais trabalhadores já precisaram interpretar projeto e quais tiveram dificuldades ao fazer isso. No Gráfico 2 foram dispostos os resultados obtidos para ambos os questionamentos, como retorno teve-se que apenas dois colaboradores não tiveram contato com folhas de projeto, e que 100% dos que tiveram constataram ter tido alguma dificuldade de interpretação.

Em vista disso, mesmo com uma amostra tão pequena quando comparado a quantidade de mão-de-obra voltada a produção em canteiro de obras, é possível notar a carência destes em conseguir entender no convencional papel aquilo que eles executam todos os dias.

Gráfico 2: Interpretação de projetos



Fonte: Autor

5.5.2 Resultados da Etapa-02

Partindo para as indagações feitas na segunda etapa da aplicação, foi perguntado qual a avaliação dos trabalhadores, numa escala de zero a dez, ao entendimento referente à Folha-01 e 02 apresentadas (Apêndice 6 e 7, respectivamente). Em resposta, foi feita a média das notas dadas e visto que a primeira folha, elaborada em AutoCAD, foi avaliada com 6,93; enquanto a desenvolvida no Revit e somada a RA, teve 8,14 de média. Além disso, foi visto de cinco deles deram a mesma nota a ambas as folhas, ou seja, não viram diferenças consideráveis.

De modo geral, ainda foi notável a diferença entre as médias, e visto que para a maioria o disposto na Folha-02 ajudou mais nos quesitos de visualização e entendimento do projeto.

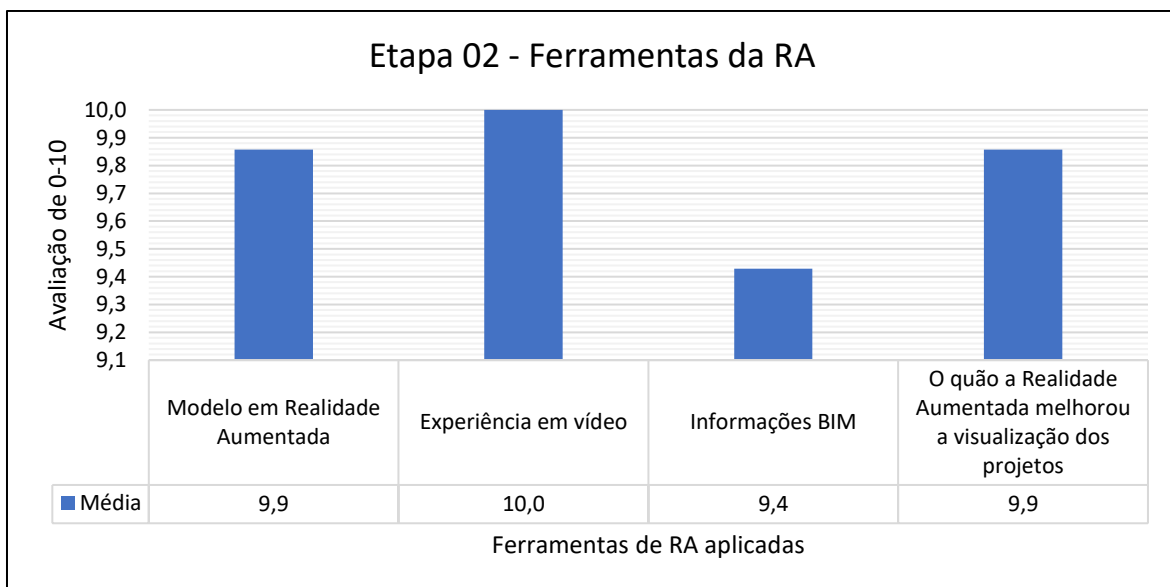
Dando continuidade, foi pedido que os operários avaliassem as ferramentas de RA acrescentadas na segunda folha de projeto, sendo elas a visualização do modelo na realidade, a experiência em vídeo, as informações BIM, e por último, foi perguntado o quão estas conseguiram somar na nova folha.

No Gráfico 3 foram dispostas a média das avaliações individuais para cada uma das perguntas, mostrando uma média de respostas ótimas, entre o intervalo de

9, 4 e 10. Ao analisar os dados de cada ferramenta individualmente é possível notar que a experiência em vídeo se sobressaiu no aspecto de relevância. Isso foi observado na prática enquanto aplicava-se o estudo, onde os próprios trabalhadores relataram ficar surpresos por tal possibilidade de apenas apontar a câmera do aparelho para o código impresso e um vídeo instrutivo se reproduzir instantaneamente. Em contrapartida, as informações BIM causaram menos impacto quando comparado com as demais.

Por fim, ao perguntar o quão a RA somou na nova folha, foi-se avaliado como quase 100% de notas máximas, mostrando, sucintamente, que a tecnologia foi significativa para os trabalhadores.

Gráfico 3: Avaliação das ferramentas de RA



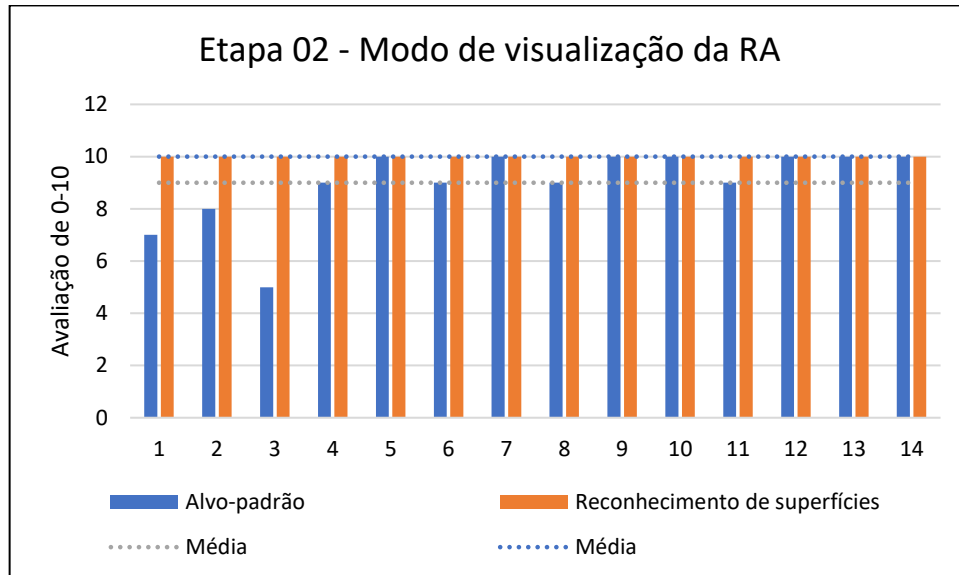
Fonte: Autor

Na sequência, os tipos de visualização da RA por meio do alvo-padrão e por reconhecimento de superfícies foram avaliados. De acordo com o mostrado no Gráfico 4, sete trabalhadores avaliaram ambos os tipos com a mesma nota, isto é, para eles foram indiferentes os modos de visualização. Contudo, a média de todos mostrou que o reconhecimento de superfícies se sobressaiu com nota máxima dada por todos os avaliadores, ao passo que o alvo-padrão teve média nove.

Como observação externa, foi perguntado aos trabalhadores que avaliaram o reconhecimento de superfícies como melhor que o alvo-padrão, o por que deles terem

a preferido, e eles relataram que o uso do papel do código impresso se perderia com facilidade no canteiro e acharam mais prático poder colocar o modelo sobre qualquer superfície.

Gráfico 4: Formas de visualização da RA



Fonte: Autor

Para finalizar a pesquisa foram feitas algumas perguntas relacionadas a aceitação do uso da RA pelos trabalhadores, quais os projetos deveriam adotar essa tecnologia de visualização e quem deveria usar essas ferramentas.

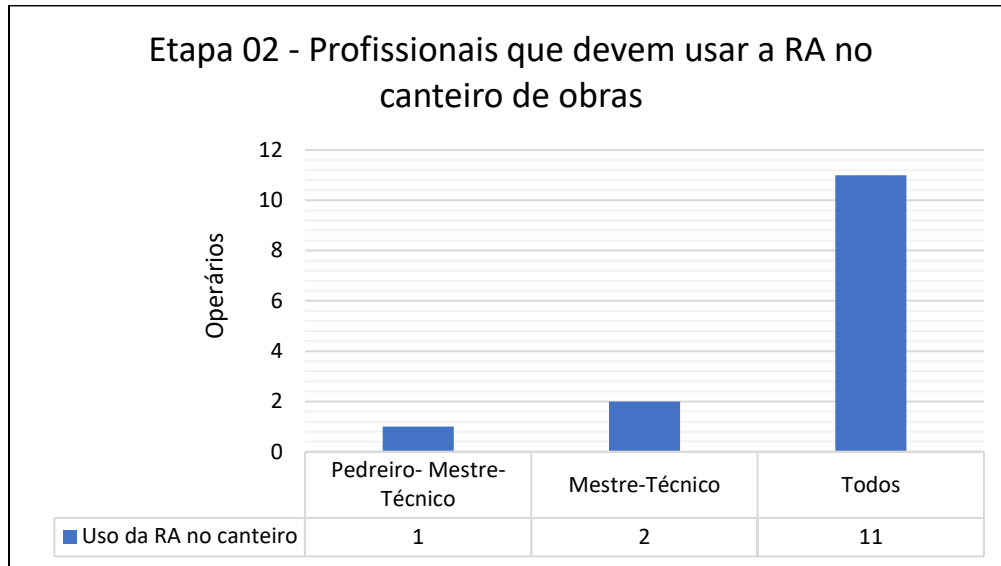
Em respostas ao primeiro e segundo item, o resultado foi o unânime, todos os trabalhadores relataram estar dispostos a usar a RA no canteiro de obras e que ela deveria somar em todos os projetos, seja hidrossanitário, arquitetônico, estrutural etc.

Por fim, foi pensado em perguntar ao grupo quem deveria usar a RA por classe de operários, e como resultado foi obtido o disposto no Gráfico 5, em que 79% dos entrevistados responderam que todos os empregados poderiam usar a ferramentas; 14% disseram ser âmbito apenas para os mestres de obra e responsáveis técnicos e 7% excluíram o uso apenas dos serventes, tendo em vista que a opções dadas para as combinações de uso era de serventes, pedreiros, mestres e técnicos.

Como curiosidade, foi pedido que cada interrogado dissesse sua função na obra, para que posteriormente fosse possível relacionar esta pergunta com a classe

em que ele estava inserido. Em retorno, foi visto que os dois operários (14%) que acharam desnecessários o uso para os pedreiros e serventes, se configuraram como serventes, igualmente com aquele que representou os 7% no gráfico.

Gráfico 5: Uso da RA no canteiro



Fonte: Autor

6 Conclusões

Para o fechamento deste estudo, é válido retomar os objetivos iniciais e analisar quais conclusões foram possíveis tomar acerca dos questionamentos. Em um primeiro momento, o trabalho descreveu a Realidade Aumentada, mostrando o que aconteceu ao longo da história para que fosse possível chegar até ela; quais dispositivos necessários para seu uso e em quais âmbitos a mesma é mais usual. Partindo dessa premissa, a interrogativa do uso da RA na indústria AEC só aumentou, pois era possível notar o quão ela era atrativa em áreas como o marketing, mas visualizar seu uso em um canteiro de obras, por exemplo, foi um pouco mais difícil.

Diante disto, o estudo voltou-se exclusivamente para seu uso nesse nicho de mercado e mostrou *softwares* já desenvolvidos para tal, juntamente com as ferramentas que eles ofereciam e que poderiam ser usadas tanto na fase projetual, executiva, como de apresentação final. Em sequência, foi mostrada a transição de um projeto para a tecnologia BIM e a conversão dele para RA. Assim, foi possível figurar como seria as folhas de projeto com o uso dessa tecnologia e o quão ela poderia ajudar na parte de visualização do modelo e detecção de possíveis erros e interferências.

Nesta etapa inicial pode-se concluir o entendimento do que é a RA, e quais ferramentas ela tem oferecido até o momento, para o meio em estudo. No entanto, além da apresentação e elaboração de um modelo usando essa tecnologia, ouve uma necessidade de sentir a sua aceitação na fase executiva de uma construção, com públicos alvo voltado a mão-de-obra, visto que, é mais fácil imaginar a adesão de profissionais técnicos como engenheiros e arquitetos a tal ferramenta, já que está mais próximo da realidade destes o uso de *softwares* tecnológicos. Em contrapartida, os trabalhadores geralmente só têm contato com as folhas de projetos, manuais, ou até mesmo instruções verbais recebidas dos técnicos, o que se pode subentender que o uso da RA por estes seria algo inovador.

6.1 Considerações gerais

6.1.1 Visualização da RA:

Pontos positivos:

- Raio-x: No modo de visualização da RA é possível habilitar a visualização em raio-x, onde o modelo ficará com uma opacidade maior. Essa ferramenta foi crucial para visualização por modelos federados, para idealizar melhor a interação do conjunto;
- Alvo-padrão: incluem o acesso a RA para mais pessoas. Considerando que basicamente qualquer aparelho com acesso ao *software* e com câmera possibilite esse uso;
- Reconhecimento de superfícies: Mostrou-se perfeita para visualização em quase todas as superfícies, e facilita o caminhar pelo modelo sem maiores dificuldades;
- Modelos federados: Excelente ferramenta, principalmente por possibilitar a combinação de visualização de modelos;
- Informações BIM: Facilita a interpretação dos modelos quando existir qualquer dúvida de especificação de elementos;
- Escala interativa: Se mostrou ótima para manipulação do modelo na escala que for necessária com facilidade;
- Experiência em vídeo: Essa ferramenta se mostrou muito contribuinte para agregar nas informações em folhas de projeto, por possibilitar o acréscimo de qualquer instrução técnica em vídeo de forma prática;

Pontos negativos:

- Alvo-padrão: Foi notável que a visualização em escalas de tamanhos mais reais era um pouco mais difícil a visualização, pois por ser grande fica fugindo um pouco do plano do código alvo e não sendo possível fazer uma visualização ou caminhar pelo modelo com facilidade;
- Experiência em vídeo: Uma dificuldade foi encontrada quando a folha de projeto elaborada foi impressa, pois ela perdeu um pouco a qualidade da imagem inserida na plataforma e isso impossibilitou a reprodução da ferramenta. Para sanar tal disformidade, foi preciso

fazer o melhoramento da imagem e posteriormente feita uma nova impressão;

6.1.2 Visualização de Interferência pela RA:

Com o mostrado nos resultados deste estudo, foi possível confirmar que a visualização pela RA também poderia ser usada com o intuito de revisão dos projetos elaborados, a fim de verificar inconformidades internas em cada modelo e em conjunto com os demais.

Por não ter dispositivos de detecção automática ainda, essa ferramenta se torna muito manual e visual, entretanto, fácil de se utilizar por precisar basicamente de um aparelho celular ou tablet.

6.1.3 Uso da RA em canteiro:

Pela pesquisa feita no canteiro, foi possível levantar algumas observações quanto ao uso da RA.

Pontos positivos:

- Notou-se que a RA despertou bastante curiosidade nos trabalhadores, embora todos não tenham participado efetivamente dos questionários, eles fizeram-se presentes na etapa de apresentação;
- Facilitada de uso das ferramentas de forma intuitiva;
- As ferramentas apresentadas foram bem avaliadas pelos operários e elogiadas pelo fato de serem intuitivas e fáceis de usar;
- Todos os trabalhadores relataram estar dispostos a fazer uso da RA;
- Acréscimo de informações às folhas de projeto, contribuindo para sanar maiores desentendimentos e possíveis erros executivos nas construções;

Pontos negativos:

- Falta de aparelho eletrônico para todos os indivíduos;
- Dos aparelhos portados pelo público alvo, apenas um possuía condições suficientes para a visualização por reconhecimento de superfícies, o que dificulta um pouco mais esse uso;
- Necessidade do uso de internet no momento de fazer a leitura do código de visualização. É válido enfatizar que depois da primeira vez, o modelo pode ser visto sem acesso à rede;

Para finalizar todas as considerações, é preciso enfatizar a importância do constante desenvolvimento e testes de novos *softwares* e técnicas, que facilitem e que possibilitem sanar dúvidas projetuais e torne-os mais acessíveis aos diversos níveis de escolaridade geralmente encontrados no canteiro de obras. Com o apresentado, foi possível analisar as contribuintes da RA para tal, tendo em vista que o estudo procurou abranger todas as etapas de aplicação, introdução e usos da tecnologia da realidade, aplicação em projetos e a avaliação do público que os executa.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, M.; AZEVEDO, W. **O Ensino/Aprendizado do BIM no curso de Engenharia Civil da UFJF**. In: Encontro Brasileiro De Tecnologia De Informação e Comunicação Na Construção, 7. 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

ALMEIDA, M.R.B. **Análise da interoperabilidade aplicada ao projeto BIM de Estruturas Metálicas**. Orientador: Rodrigo Falcão Moreira. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, [S. l.], 2015.

ÁLVAREZ, J. **Top 5: Apps de realidade aumentada para arquitectura y construcción**. 10 abr. 2019. 1 ll. p. 03. Disponível em: <https://realestatemarket.com.mx/noticias/25004-top-5-apps-de-realidad-aumentada-para-arquitectura-y-construccion014/10/Alunos-de-Veterinaria-no-UniRitter-aprendem-com-projecoes-em-3D-4621543.html>. Acesso em: 26 de março, 2020.

AMIM, R.R. 2007. **Realidade Aumentada aplicada à Arquitetura e Urbanismo**. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ANAAPRAMOS. Computação Gráfica e Cinema: História da computação gráfica: **Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System**. Disponível em: <https://computacaograficaecinema.wordpress.com/2013/07/05/historia-da-computacao-grafica-sketchpad-a-man-machine-graphical-communication-system-2/>, 5 jun. 2013. 1 ll. p. 21. Acesso em: 24 de março, 2020.

ARAÚJO, A. N. D. A. **Uso de Realidade Aumentada como auxílio para Concepção de Projetos Arquitetônicos em BIM**. Orientador: Carlos Alejandro Nome. 2018. Dissertação (Pós-graduação) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, 2018.

AUGIN. **Auginapp**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://augin.app/>. Acesso em: 3 de abril, 2020.

AUGMENT. **The platform for 3D and augmented reality product visualization.** [S.l.], 2011. Disponível em: <https://www.augment.com/>. Acesso em: 3 de abril, 2020.

AUGMENTECTURE. **AUGMENTED REALITY FOR DESIGN COLLABORATION.** [S. l.], 2018. Disponível em: <https://augmentecture.com/>. Acesso em: 3 de abril, 2020.

AUSTEN, Jane. **O Diorama: entretenimento do século XIX.** Disponível em: <https://janeaustensworld.wordpress.com/2011/11/28/the-diorama-19th-century-entertainment/>: O mundo de Jane Austen, 28 nov. 2011. 1 foto. Acesso em: 22 de março, 2020.

AZHAR, S. et al. **Building Information Modeling – BIM: A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects.** In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION IN DEVELOPING COUNTRIES (ICCIDC–I). ADVANCING AND INTEGRATING CONSTRUCTION EDUCATION, RESEARCH & PRACTICE, 2008, Karachi, Paquistão. *Proceedings...* Paquistão: NED University of Engineering & Technology, 2008, p. 435-446.

AZHAR, S. **Building Information Modeling – BIM: Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry,** ASCE Journal of Leadership and Management in Engineering, v. 11, n. 3, p. 242-243, 2011.

AZUMA, R. T. **A Survey of Augmented Reality.** Presence-Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), p. 355–385, 1997.

Azuma, R.; Baillot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S. Macintyre, B. **“Recent Advances in Augmented Reality”.** In: IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BELCHER, D.; JOHNSON, B. R. ARchitectureView. In: Education and research in: **Computer Aided Architectural Design in Europe**

Conferences - eCAADe, 26., 2008. Proceedings... Antwerpen, Belgium. p. 561-568.

BEHZADAN, A.H.; TIMM, B.W.; KAMAT, V.R. General-Purpose Modular Hardware and Software Framework for Mobile Outdoor Augmented Reality Applications in Engineering. In: **Advanced Engineering Informatics**. Amsterdam, v. 22, n. 1, January 2008. pp. 90-105. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu>>. Acesso em: 2 de fevereiro, 2020.

BIMBER, O; RASKAR, R. **Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds**. Wellesley: A K Peters, Ltd., 2005, 369p.

BIMMER, F. **Aplicação da Realidade Aumentada em uma Cirurgia de Fígado**. 23 set. 2016. 1 imagem. p. 01. Disponível em: <http://p3dmed.com/blog/aplicacao-da-realidade-aumentada-em-uma-cirurgia-de-figado/>. Acesso em: 28 de março, 2020.

BIMX model transfer. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://bimx.graphisoft.com/>. Acesso em: 16 de abril, 2020.

BRASIL. **DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018**. Disponível em: Acesso em: 2 de fevereiro, 2020.

BROLL W. et al. An Infrastructure for Realizing Custom-Tailored Augmented Reality User Interfaces. In: **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v. 11, n. 6, pp. 722-733, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/>>. Acesso em: 02 de fevereiro, 2020.

Burdea, G. and Coiffet, P., *Virtual Reality Technology*, John Wiley & Sons, 1994.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Building Information Modelling - BIM**. Brasília. 2018, Disponível em: MDIC (BR): Acesso em: 2 de fevereiro, 2020.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling: the Web3D application for AEC.** In Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1229390.1229422>. Acesso em: 8 de fevereiro, 2020.

CAMPELO, A.M. **A REALIDADE VIRTUAL NA INTERVENÇÃO MOTORA EM CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO.** Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Maquina-de-Realidade-Virtual-Sensorama-criada-por-Morton-Heilig-na-decada-de_fig1_310481138, abril 2013. 1 Il. p. 21. Acesso em: 24 de março, 2020.

CARDOZO, Daniel. **Realidade Aumentada nas áreas de Engenharia, Arquitetura e Construção.** 2015. disponível em: <http://danielcardozo.com.br/2015/03/26/artigo-realidade-aumentada-areas-engenharia-arquitetura-construcao/>. Acesso em: 8 de fevereiro, 2020.

CARMIGNIANI, J., FURHT, B., ANISETTI, M., CERAVOLO, P., DAMIANI, E., IVKOVIC, M., **Augmented Reality Technologies, Systems and Applications.** Multimedia Tools and Applications, 51, p. 341–377, 2011.

CATELANI, Wilton; TOLEDO, Eduardo. **Normas Brasileiras sobre BIM.** Revista Concreto e Construção, São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59. Out/dez. 2016. Disponível em: http://bdpi.usp.br/single.php?_id=002802724. Acesso em: 2 de fevereiro, 2020.

CAWOOD; S.; FIALA, M. **Augmented Reality** – A practical guide. Raleigh: Pragmatic Bookshelf, 2007. p.311.

CRAIG, Emory. **CORPOS DIGITAIS** Aprendendo e vivendo em AR, VR e AI: **Elon Musk e o realismo da realidade virtual.** Disponível em: <https://www.digitalbodies.net/virtual-reality/elon-musk-and-the-realism-of-virtual-reality/>, 4 jun. 2016. 1 Imagem. p. 04. Acesso em: 24 de março, 2020.

CUNHA, Mariana M. S. B. **Ambientes Virtuais e Imersivos**: Emprego da Realidade Virtual na concepção e na comunicação do projeto de arquitetura. Orientador: Professor Doutor Nuno Montenegro. 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitetura com especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado) - Universidade de Lisboa, Lisboa-Portugal, 2017.

CUSPERSCHMID, A.R.M. *et al.* Tecnologias que suportam Realidade Aumentada empregadas em Arquitetura e Construção. **Cadernos PROARQ**, Rio de Janeiro, RJ - BRASIL, ano 2012, n. 19, p. 47-70, 1 dez. 2012.

EASTMAN, C. M. **Modeling of buildings: evolution and concepts**. Automation in Construction, v. 1, n. 2, 1992, p. 99-109. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0926-805\(92\)90001-](http://dx.doi.org/10.1016/0926-805(92)90001-). Acesso em: 18 de janeiro, 2020.

EASTMAN, C. **Building Product Models**: computer environments supporting design and construction. Boca Raton: CRC Press, 1999, p.411.

EASTMAN, Chuck et al. Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERES, W. M. **ADDRESS Comunicação Eficiente**: Realidade Aumentada a favor da construção civil. João Pessoa, 29 ago. 2015. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.agenciaaddress.com/?p=8575>. Acesso em: 2 de abril, 2020.

FERNANDES, G.A. **Realidade Aumentada aplicada a atividade de Inspeção e Manutenção em Engenharia Civil**. Orientador: Alvaro Luiz Gayoso de Azeredo Coutinho. 2012. Tese (Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FERREIRA, Fabrício. **Augin / Realidade Aumentada**. Franca-SP: EngenhaBIM - Projetos e Treinamentos, 2020. 1 fotografia. Disponível em: <https://enghabim.com/lesson/detail/27/2361/>. Acesso em: 10 de abril, 2020.

FIGUIER, Louis. **As Maravilhas da Ciência**. Disponível em: <http://bcd.bzh/becedia/fr/le-relief-et-les-vues-stereoscopiques>, 1869. 1 Ilustração. p.197. Acesso em: 22 de março, 2020.

FIGUIER, Louis. **Grandes Grandes Invenções Modernas em Ciência, Indústria e Artes**. Disponível em: <http://bcd.bzh/becedia/fr/le-relief-et-les-vues-stereoscopiques>, 1876. 1 Ilustração. p.438. Acesso em: 22 de março, 2020.

FREITAS, M. Regina; RUSCHEL, R. Coeli. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, Campinas, SP, Brasil, v. 6, ed. 2, p. 127-135, julho/dezembro 2010.

HANZL, M. Information technology as a tool for public participation in urban planning: a review of experiments and potentials. **Design Studies**, v. 28, n. 3, 2007.

HALLER, M.; BILLINGHURST, M.; THOMAS, B. **Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design**. Idea Group Publishing, 2007. 415 ISBN 1-59904-066-2.

HANNAVY, John – **Encyclopedia of Nineteenth – Century Photography**. Vol1- A-I, INDEX. Routledge. New York: Taylor and Francisc Group, 2008.

HOLANDA, M. **Tecnologia e Arquitetura: Expansão da Comunicação com o Graphisoft BIMx**. [S. l.]: ArchDaily Brasil, 4 set. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-68914/tecnologia-e-arquitetura-expansao-da-comunicacao-com-o-graphisoft-bimx>. Acesso em: 16 de abril, 2020.

HOLSBACK, Marcelo. **Augin / Realidade Aumentada**. Franca-SP: EngenhaBIM - Projetos e Treinamentos, 2020. 1 fotografia. Disponível em: <https://engenhabim.com/lesson/detail/27/2361/>. Acesso em: 10 de abril, 2020.

INNOAREA PROJECTS. **INNO CATALOG AR**: Realidade Aumentada no catálogo físico. [S. l.]: INNOAREAPROJECTS, 30 jun. 2015. p. 03. Disponível em: <https://www.innoarea.com/en/catalog1-2/>. Acesso em: 28 de março, 2020.

IZKARA, J. L., PÉREZ, J., BASOGAIN, X., & BORROD, D. (2007). **Bringing ICT Knowledge to Work**: Proceeding of CIB 24th w78 Conference. *Mobile Augmented Reality an Advanced Tool for the Construction Setor*. pp 453-460. Haribor.

JACOBSON, Linda. **Realidade virtual em casa**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994

JUNIOR, A. Prado. **Utilização da Realidade Aumentada para Construção em Wood Frame**. Orientador: Esp. Anderson Rodrigues. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado - Engenharia Civil) - UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá, Maringá-PR, 2018.

Kawashima, T. et. al. (2001) "**Magic Paddle**: A Tangible Augmented Reality Interface for Object Manipulation", Proc. of ISMR2001, p. 194-195.

KELNER , Judith; TEICHRIEB, Veronica. Técnicas de Interação para Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada. *In*: KIRNER , Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis – RJ: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 28 de Maio 2007. cap. 3, p. 52-70.

KELNER, J.; TEICHRIEB, V. Técnicas de Interação para Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada. *In*: SISCOOTTO, R. e COSTA, R. (Ed.). **Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica**. João Pessoa - PB: Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2008. p.45-65.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. *In*: KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis – RJ: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 28 de Maio 2007. cap. 1, p. 2-21.

KIRNER, C.; KIRNER, T. R. (2011) Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências - "Livro do Pré-Simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality", Uberlândia-MG.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R., **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality Petrópolis/RJ, 2007.

KIRNER; R. TORI. (eds.), **Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências**. 1ª ed., São Paulo, Editora Mania de Livro, vol. 1, p. 3-20.

KIYOKAWA, K. Human Communication in Collaborative Augmented Reality Systems. In: HALLER, M.; BILLINGHURST, M.; THOMAS, B. **Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design**. Idea Group Publishing, 2007, cap XII, p. 236-260. ISBN 1-59904-066-2.

KOMINETSKY, A. **Como a tecnologia pode mantê-lo ativo**. 4 abr. 2019. 1 imagem. p. 03. Disponível em: <https://digitallink.ca/how-technology-can-keep-you-active/>. Acesso em: 28 de março, 2020.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling**. Planning and managing construction project with 4D and simulations. McGraw-Hill 2008.

LAKATOS, Dávid et al. **T(ether) – Spatially-Aware Handhelds, Gestures and Proprioception for Multi-User 3D Modeling and Animation**. [S.l.], 2012. 1 imagem. Disponível em: <http://tangible.media.mit.edu/project/tether/>. Acesso em: 2 de abril, 2020.

MACHADO, L. S. Dispositivos Hápticos para Interfaces de Realidade Virtual e Aumentada. *In*: KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis – RJ: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2007. cap. 8, p. 152-167.

MakeBIM. **Normas brasileiras sobre BIM**. 2017. Disponível em : Acesso em: 2 de fevereiro, 2020.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Administrativo Brasileiro**. 42 ed. São Paulo: Malheiros, 2016

MENDES, N.S. **Desafios na implantação da modelagem da informação da construção (BIM) na construção civil**. Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. f. 13.

MICROSOFT. **MICROSOFT HOLOLENS: PARTNER SPOTLIGHT WITH CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY**. [S.l.]: Microsoft, 2015. 1 imagem. Disponível em: <http://hec.case.edu/2015/07/08/microsoft-hololens-partner-spotlight-with-case-western-reserve-university/>. Acesso em: 2 de abril, 2020.

MILGRAM, P. *et AL*. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. Proceedings of the SPIE Conference on Telemanipulator and Telepresence Technologies, 1995. p.282-292.

MINEIRO, V.H.T. Exploração dos benefícios mútuos entre BIM e jogos de simulação. *In*: MINEIRO, V.H.T. **Exploração dos benefícios mútuos entre BIM e jogos de simulação**. Orientador: Rosaldo José Fernandes Rossetti. 2016. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação) - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, [S. l.], 2016.

MORAES, A. **Veja a pesquisa com Mídias Tangíveis do MIT**. 23 mar. 2016. 1 foto. p. 02. Disponível em: https://www.jornalnh.com.br/_conteudo/2016/03/blogs/estilo_de_vida/tecnologia/299804-veja-a-pesquisa-com-midias-tangiveis-do-mit.html. Acesso em: 26 de março, 2020.

MÜNCH, J.R. **Tecnologia BIM: ciclo BIM 3D ao BIM 7D**. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/tecnologia-bim-ciclo-3d-ao-7d-jos%C3%A9-ricardo-m%C3%BCnch>, 2016. 1 imagem. Acesso em: 22 de março, 2020.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **A indústria da construção na era da informação**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003b.

NUNES, Fátima L. S. *et al.* Aplicações Médicas usando Realidade Virtual e Realidade Aumentada. *In*: KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis – RJ: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2007. cap. 11, p. 223-255.

OKADA, S. I.; SOUZA, E. M. S. Estratégias de Marketing Digital na Era da Busca. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 10, n. 1, p. 46-72, 2011.

OLÍMPIO, W. (ed.). **Realidade virtual como treinamento**: Simuladores de direção veicular são usados para formação de condutores. Disponível em: <https://webnoticias.fic.ufg.br/n/81308-realidade-virtual-como-treinamento>, [21-?]. 1 fotografia. p. 02. Acesso em: 24 de março, 2020.

OLIVEIRA, Rui R. **Ferramentas BIM associadas à Realidade Virtual na Detecção de Conflitos gerados por Geometrias 2D**. João Pessoa, 2018. 1 fotografia. Acesso em: 02 de abril, 2020.

PEREIRA, K.D.S. **Gestão de Obras públicas com a utilização de painel de indicadores: Estudo de caso em uma IFES**. Orientador: Prof. Dr. André Morais Gurgel. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação em Gestão de Processos Institucionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019. p. 18.

PIMENTEL, K. ; Teixeira, K. **Virtual reality - through the new looking glass**. 2. . New York, McGraw-Hill, 1995.

RAOLI, R. **Guia para Realidade Aumentada: Projeto do H-BIM-SC.** [S. l.: s. n.], 2020.

ROBERTS, Steven K. **Nolan Bushnell com VPL EyePhone e Larry Wall - 1988.** Disponível em: <https://microship.com/nolan-bushnell-vpl-eyephone-larry-wall-1988/>, 29 out. 1988. 1 fotografia. p. 02. Acesso em: 24 de março, 2020.

RODELLO, I. A.; BREGA, J. R. F. Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing. In: AMIM, R. R. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências.** XIII SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA. ed. Uberlândia-MG - Brasil: [s. n.], 2011. cap. 3, p. 45-58.

RODRIGUES, G. Palhares; PORTO, C. Magalhães. Interfaces Científicas - Educação: **Realidade virtual: Conceitos, Evolução, Dispositivos e Aplicações.** Aracaju-SE, v. 01, n. 03, p. 97-109, jun. 2013.

SALVI, F. **Realidade Aumentada: Ela veio para ficar.** 16 jan. 2017. 1 figura. p. 02. Disponível em: <http://uniom.team/realidade-aumentada-ela-veio-para-ficar/>. Acesso em: 27 março, 2020.

SANTOS, Eduardo T. **Building Information Modeling você realmente sabe o que é?** In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios WBGPPCE, Curitiba, 2007, Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/PDF/0702%20Building%20Information%20Modeling%20-%20Toledo%20Santos.pdf>>. Acesso em: 11 de fevereiro, 2020.

SILVA, M. S. Paulo. **Realidade Aumentada Aplicada a Projetos Arquitetônicos para Engenharia Civil.** Orientador: Prof. M.Sc. Yuri Tavares dos Passos. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado - Ciências Exatas e Tecnológicas.) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, [S. l.], 2016.

SOUSA, P. V. Carvalho. **Aplicação da Realidade Aumentada na Engenharia Civil.** Orientador: Profa. Dra. Tereza Denyse Pereira de Araújo. 2012. Monografia

(Bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE-Brasil, 2012.

SPK TECHNOLOGY. In: KUBITY. **Kubity**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://pro.kubity.com/>. Acesso em: 7 de abril, 2020.

STEELE, B. **Adonit aumenta os esboços orientados a caneta com o Forge**. 24 fev. 2015. 1 imagem. p. 02. Disponível em: <https://www.engadget.com/2015-02-24-adonit-forge-sketchbook-app.html>. Acesso em: 26 de março, 2020.

SUCCAR, B. **Building Information Modelling Framework**: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TANAKA, A. (ed.). **Jornal Nacional - Previsão do tempo (projeto)**. 30 jun. 2015. 1 imagem. p. 03. Disponível em: [https://www.behance.net/gallery/28318515/Jornal-Nacional-Previsao-do-tempo-\(projeto\)](https://www.behance.net/gallery/28318515/Jornal-Nacional-Previsao-do-tempo-(projeto)). Acesso em: 28 de março, 2020.

TCU (Tribunal de Contas da União). Obras Públicas: **Recomendações Básicas para Contratação e Fiscalização de Obras Públicas** - 4 ed. Brasília: TCU, SECOB, 2014.

TELES, J. **Indústria 4.0 – Tudo que você precisa saber sobre a Quarta Revolução Industrial**. [S.l.], [21-]. 1 imagem. Disponível em: <https://engeteles.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 2 de abril, 2020.

THOMAS, B.; PIEKARSKI, W.; GUNTHER, B. Using Augmented Reality to Visualize Architecture Design in an Outdoor Environment. In: *Design Computing on the Net: DCNET, 1999, Sidney. Artigo Técnico...* Sidney, 1999. 8 p. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu>. Acesso em: 11 de fevereiro, 2020.

TILLMAN, M.; BETTERS, E. Google ARCore: a tecnologia de realidade aumentada do Android explicou. **Pocket-lint**, [S. l.], p. 1-7, 17 out. 2019. Disponível em:

<https://www.pocket-lint.com/pt-br/ra-e-rv/noticias/google/142054-google-arcore-android-s-equivalente-ao-apple-arkit-explicou>. Acesso em: 13 de abril, 2020.

TORI, R., KIRNER, C., SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Livro do Pré-Simpósio VII Symposium on Virtual Reality Belém/PA, 2006.

UNIRITTER / DIVULGAÇÃO. **Alunos de Veterinária no UniRitter aprendem com projeções em 3D**. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/educacao-e-emprego/vestibular/noticia/2014/10/Alunos-de-Veterinaria-no-UniRitter-aprendem-com-projecoes-em-3D-4621543.html>, 15 out. 2014. 1 fotografia. p. 02. Acesso em: 25 de março, 2020.

UNKNOWN (ed.). **Realidade virtual e realidade aumentada: Usos de la Realidad Aumentada**. Disponível em: <http://realidadva.blogspot.com/2013/>, 21 jun. 2013. 1 Il. p. 01. Acesso em: 25 de março, 2020.

WANG, X.; GU, N.; MARCHANT, D. 2008. An Empirical Study on Designers' Perceptions of Augmented Reality within an Architectural Firm. *Electronic Journal of Information Technology in Construction ITcon*, 13(special issue):536-552. Disponível em: <http://www.itcon.org/2008/33>. Acesso em: 17 de março, 2010.

ZORZAL, E.R. et al. **Técnicas de Interação para Ambientes de Realidade Aumentada**. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada - WRVA 2010, 6, Santos - SP. **Anais...** Porto Alegre - RS : SBC, 6 p., 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Questionários

Este questionário faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso “**NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE PROJETOS: USO DE REALIDADE AUMENTADA E APLICAÇÃO EM CANTEIRO DE OBRA PÚBLICA NA CIDADE DE PAULISTA-PB**” tem o intuito de medir a apresentação e a aceitabilidade da Realidade Aumentada como ferramenta complementar na visualização de projetos por trabalhadores da obra pública de uma escola padrão FNDE. Todas as informações serão tratadas de forma anônima, garantindo a privacidade do participante.

Para iniciar o questionário você precisará, primeiramente, estar ciente e concordar com Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Ao responder as questões tenha em mente que o ambiente ao qual as perguntas estão relacionadas é o local que você desenvolve suas atividades de trabalho (canteiro de obras). Responda ao questionário considerando as suas impressões cotidianas nessa atividade.

Qualquer pessoa que desenvolva atividades na presente obra em estudo poderá responder este questionário.

Observação: Questionários incompletos não serão computados.

(O questionário leva em média 15 minutos para ser respondido).

Etapa 1 – Apresentação da tecnologia

01) Você possui aparelho celular ou tablet?

Sim Não

(Pular perguntas 02-03 caso a resposta 01 tenha sido negativa).

02) Costuma trazer o aparelho para a obra?

Sim Não

03) Seu aparelho possui câmera?

Sim Não

04) Você já precisou interpretar projetos?

Sim Não

(Pular perguntas 05 caso a resposta 06 tenha sido negativa).

05) Você já teve dificuldades em interpretar projetos?

Sim Não

06) Você já conhecia a Realidade aumentada antes dessa apresentação?

Sim Não

Etapa 2 - Apresentação das folhas de projeto

07) O quão você conseguiu entender o conteúdo presente na Folha 01, numa escala de zero a dez?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

08) O quão você conseguiu entender o conteúdo presente na Folha 02, numa escala de zero a dez?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

09) O quão significativo foi o modelo de Realidade Aumentada presente na Folha 02 para o entendimento, numa escala de zero a dez?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

10) O quão significativo foi a experiência em vídeo para o entendimento executivo da instalação, numa escala de zero a dez?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

11) O quão significante foram as informações BIM nos elementos, numa escala de zero a dez?

- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

12) Como você avalia a visualização da RA por meio do alvo-padrão, numa escala de zero a dez?

- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

13) Como você avalia a visualização da RA por meio do reconhecimento de superfícies, numa escala de zero a dez?

- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

14) Você usaria a Realidade Aumentada no seu trabalho em canteiro de obras?

- Sim Não

15) Em qual projeto você acha que a Realidade Aumentada ajudaria mais na visualização?

- Estrutural Arquitetônico Hidrossanitário Elétrico

- Todos

16) Você acha que quem deveria usar a Realidade Aumentada no canteiro?

- Serventes Pedreiros Mestre de Obras Responsável técnico

- Todos

17) O quão a Realidade Aumentada melhorou a visualização dos projetos, numa escala de zero a dez?

- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Participante voluntário: _____

Função desempenhada: _____

Obrigada pela sua participação!

APÊNDICE 2 - Termo de consentimento livre esclarecido (TCLE)

Pesquisador Responsável (Orientanda): Lara Mylena da Silva.

Professora orientadora: Fernanda Karolline de Medeiros.

Co-Orientador: Ruí Ramos de Oliveira.

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande.

Contatos: larams.engenharia@gmail.com

Coleta de dados: Aplicação de questionário físicos (folhas impressas).

O questionário aplicado no Trabalho de Conclusão de Curso “**NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONCEPÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE PROJETOS: USO DE REALIDADE AUMENTADA E APLICAÇÃO EM CANTEIRO DE OBRA PÚBLICA NA CIDADE DE PAULISTA-PB**” tem o intuito de medir a apresentação e a aceitabilidade da Realidade Aumentada como ferramenta complementar na visualização de projetos por trabalhadores da obra pública de uma escola padrão FNDE.

É importante que você guarde uma cópia deste termo de consentimento, pois é o seu registro de participação na pesquisa e contém informações relevantes que você poderá precisar posteriormente. Ao marcar ou responder oralmente as perguntas do questionário, você concorda com a participação e com as seguintes informações:

Declaro ter sido esclarecido sobre os seguintes pontos:

1. O presente questionário tem por objetivo investigar o possível uso de Realidade Aumentada para visualização de projetos pela equipe de obra;
2. A minha participação nesta pesquisa consistirá em participar da apresentação do funcionamento da Realidade Aumentada e responder os questionários físicos recebidos;
3. A minha participação nesta pesquisa deverá ter a duração de cerca de 15 minutos para entender o uso da ferramenta e responder aos questionários;
4. Ao participar deste trabalho contribuirei para a avaliação do uso da Realidade Aumentada como ferramenta de visualização de projetos;
5. Não terei nenhuma despesa ao participar da pesquisa;

6. Fui informado e estou ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação;
7. Meus dados serão mantidos em sigilo, assegurando assim a minha privacidade, e se eu desejar terei livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, caso eu opte por ser informado antes, durante e depois da minha participação;
8. Fui informado que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados poderão ser publicados no âmbito acadêmico;
9. Declaro que possuo mais de 18 anos;
10. Declaro que li o presente termo de consentimento, que compreendi todas as informações contidas no documento, que concordo voluntariamente com a participação na pesquisa e que posso retirar esse consentimento a qualquer momento.

Por meio da assinatura deste termo, o Sr(a). declara estar ciente de que é assegurado(a) a liberdade de participar ou retirar seu consentimento a qualquer hora, e compreendeu os objetivos, riscos e benefícios propostos, dando livre esclarecimento em participar deste estudo, não renunciando a nenhum direito legal.

(Entrevistado Voluntário)

Lara Mylena da Silva

Paulista, ___ de _____ de 2020.

PARA O ESCLARECIMENTO DE QUALQUER DÚVIDA:

PESQUISADORA: Lara Mylena da Silva – larams.engenharia@gmail.com

DOCENTE: Fernanda Karolline de Medeiros; Ruí Ramos de Oliveira.
Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal.

APÊNDICE 3 – Envio dos modelos para o *software* Augin

PASSO 01:

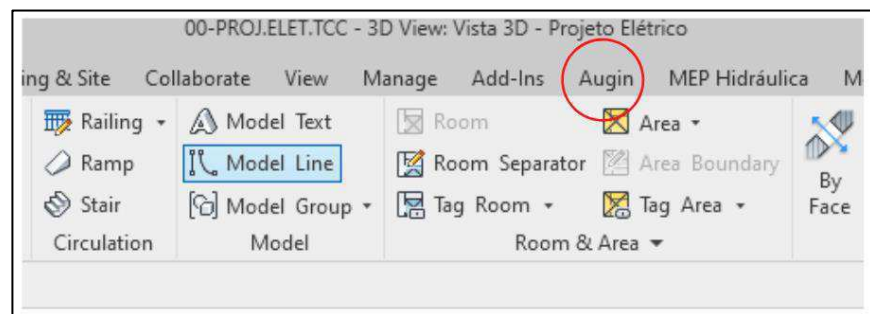
A primeira coisa que foi feita, foi o cadastro na plataforma do aplicativo, onde passou-se a possuir um perfil de usuário que possibilita o uso de todas as ferramentas para RA de forma gratuita. Posteriormente, foi necessária a instalação do *plugin* que levou os projetos diretamente do *software* usado até a plataforma do Augin. O aplicativo fornece essa tecnologia para diversos *softwares*, com o intuito de facilitar esse envio, além de atender por meio da plataforma web, aqueles que não possuem *plugin* ainda, possibilitando o envio através dos formatos IFC e FBX.

Como o *software* usado para desenvolver os projetos foi o Revit, foi feito o download do *plugin* devido, e instalação na versão em questão.

PASSO 02:

Assim que foi feita a instalação do *Plugin*, automaticamente apareceu uma nova ferramenta na barra de tarefas do Revit, como mostrado na Figura 56.

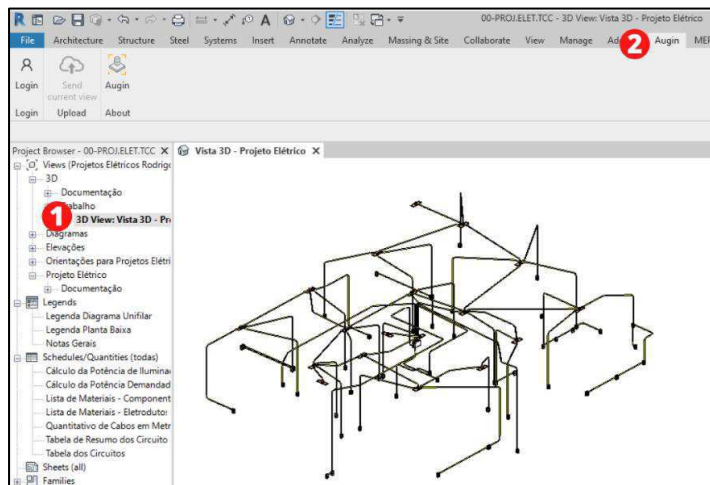
Figura 56: *Plugin* Augin



Fonte: Autor

Para fazer o envio do modelo, precisou-se apenas selecionar o modelo de vista 3D e em seguida seletar a ferramenta Augin, como mostrado na Figura 57.

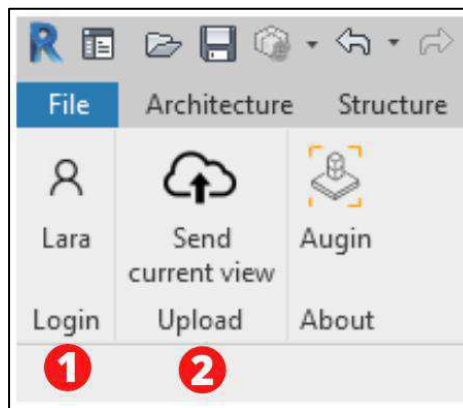
Figura 57: Vista 3D e Augin



Fonte: Autor

Para finalizar o envio bastou preencher os dados solicitados no campo superior esquerdo, logando o usuário à plataforma; e em seguida fazer o *upload* do modelo. A sequência de execução pode ser visualizada na Figura 58.

Figura 58: Upload da vista



Fonte: Autor

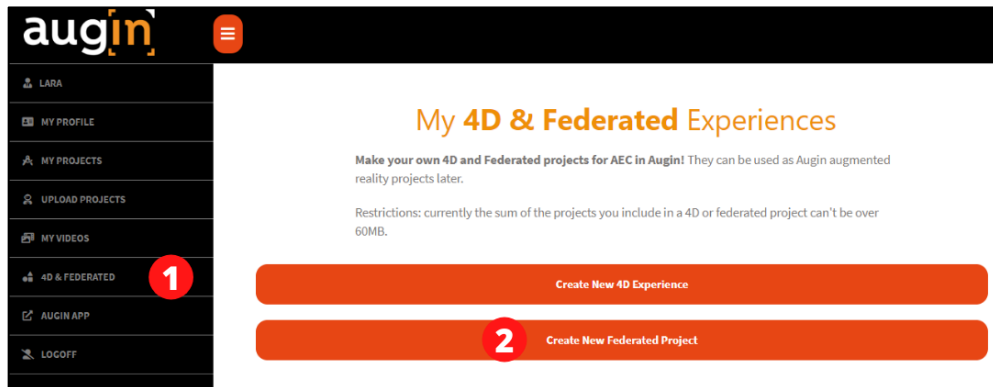
PASSO 03:

Depois fazer o Upload da vista, apareceu uma mensagem na tela indicado que já foi finalizado o processo, e em seguida o modelo já estaria disposto no perfil do usuário. A plataforma Augin enviou também, automaticamente, um e-mail com o código *QR* de visualização e também um modelo de Alvo padrão.

APÊNDICE 4 – Criação do modelo federado - Plataforma Augin

Para tal, foi preciso fazer uso da plataforma do usuário, e através dela, unir os modelos já existentes, como mostrado nas Figuras 59 e 60.

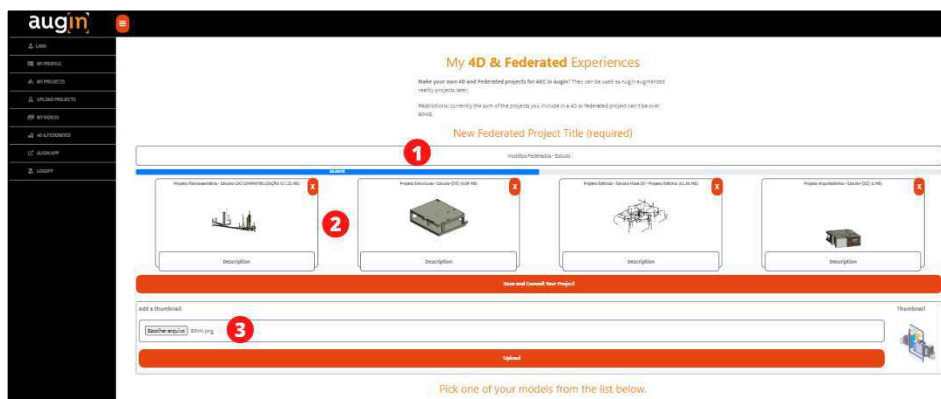
Figura 59: Primeiro passo para criação do modelo federado



Fonte: Autor

Depois de habilitar a criação do modo de modelos federados, a plataforma pediu que selecionasse quais deles seriam agrupados, e que inserisse uma imagem de capa para seu conjunto, como mostrado na Figura 60. Primeiro escolheu-se os modelos e à medida que eles foram inseridos foi preciso fazer a verificação de limite pré-estabelecido para o agrupamento pela plataforma, de 60MB. Caso a soma dos tamanhos dos modelos fosse maior, seria possível usar de *plugins* já existentes para fazer a redução do tamanho dos arquivos.

Figura 60: Segundo passo para criação do modelo federado



Fonte: Autor

Por fim, mostrou-se uma mensagem confirmando a criação dos modelos federados, e automaticamente foi possível visualizá-lo no aplicativo, já como RA.

APÊNDICE 5 – Criação da experiência em vídeo - Plataforma Augin

Para conseguir criar a experiência em vídeo foi necessário, primeiramente, acessar a plataforma Augin e ir seguir os passos mostrados na Figura 61. Primeiramente foi acessada a opção “Meus vídeos” (1), mostrado no canto esquerdo da tela; logo em seguida apareceu os requisitos estabelecidos pela plataforma para que seja possível utilizar tal ferramenta (2):

- Cada vídeo precisa de uma imagem de destino, que servirá como um *QR Code*, para poder usar a RA. É importante citar que ao usar uma mesma imagem de destino para vídeos diferentes pode gerar erros de leitura;
- O formato de destino suportado é JPG, de no máximo 5MB;
- O formato do vídeo suportado é MP4;
- Restrições de até 10 vídeos, e que cada um apresente no máximo um minuto e 200MB.
- Outra dica a ser seguida é a verificação de destino do vídeo e da imagem, de modo a garantir que ambos tenham as mesmas proporções de tamanho.

Depois de ter feito a escolha do vídeo a ser utilizado e da imagem de destino, precisou-se escolher um nome para a lista de reprodução de vídeos (3), e de preferência do usuário, escolheu-se uma imagem de capa (4); e por fim, salvou-se os dados iniciais.

Figura 61: Primeiro passo para criação da experiência em vídeo



Fonte: Autor

Em seguida, desenvolveu-se os passos da Figura 62. Onde primeiro inseriu-se a imagem alvo (5) e a plataforma avaliou se ela atendia aos requisitos de qualidade. Como ela foi bem avaliada, logo apareceu a opção de inserir o vídeo escolhido (6).

Figura 62: Segundo passo para criação da experiência em vídeo

Fonte: Autor

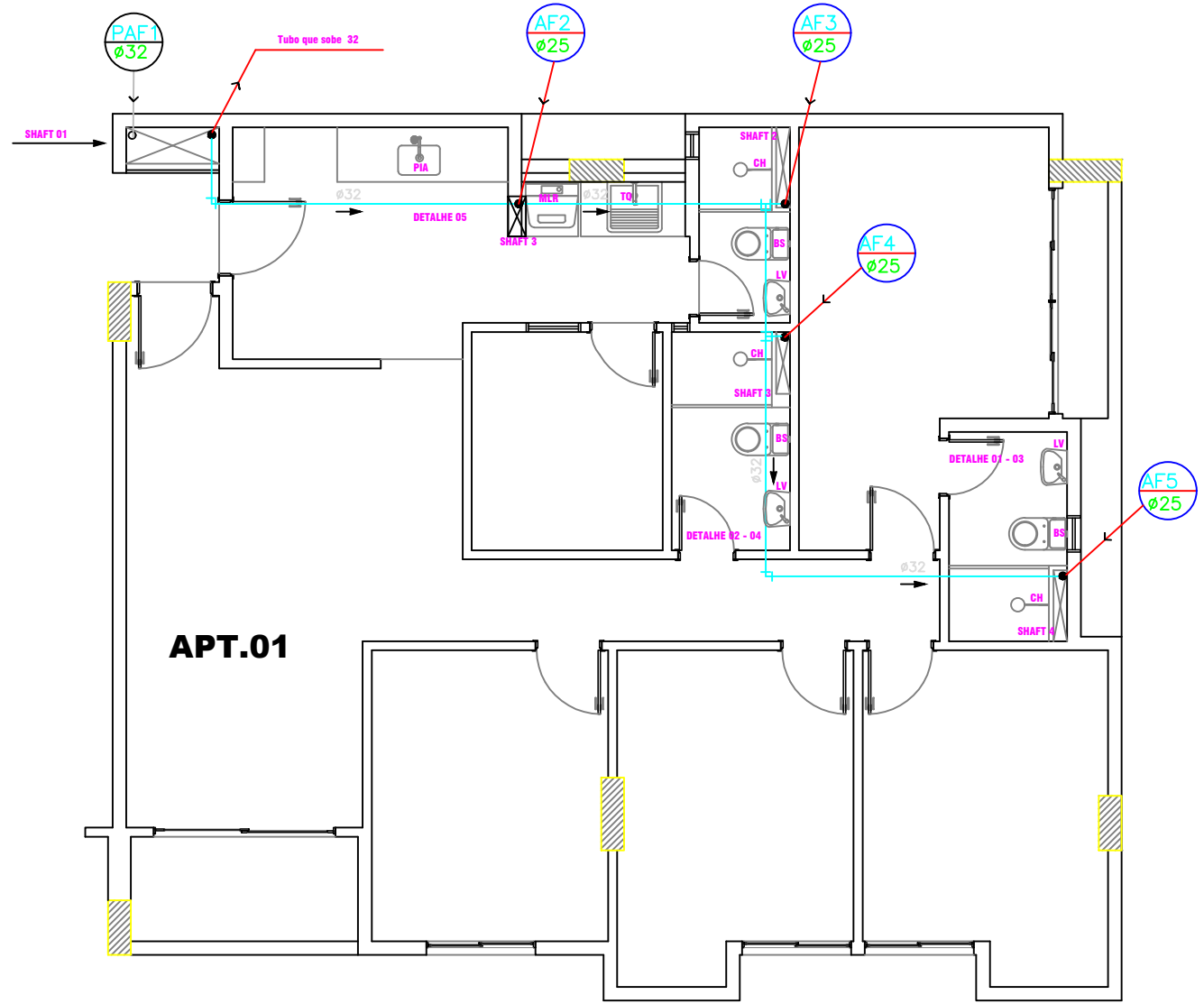
Depois que o vídeo foi enviado, o modelo foi avaliado e a experiência foi enviada para o sistema de dados da plataforma (7), aparecendo instantaneamente no perfil do usuário como um de seus projetos, como mostrado na Figura 63, juntamente com o recebimento por e-mail do *QR Code*, Alvo-Padrão e *Referece Tracker*. No passo (8) ainda é possível notar que mais experiências em vídeo poderiam ter sido criadas em seguida, seguindo o mesmo procedimento.

Figura 63: Terceiro passo para criação da experiência em vídeo

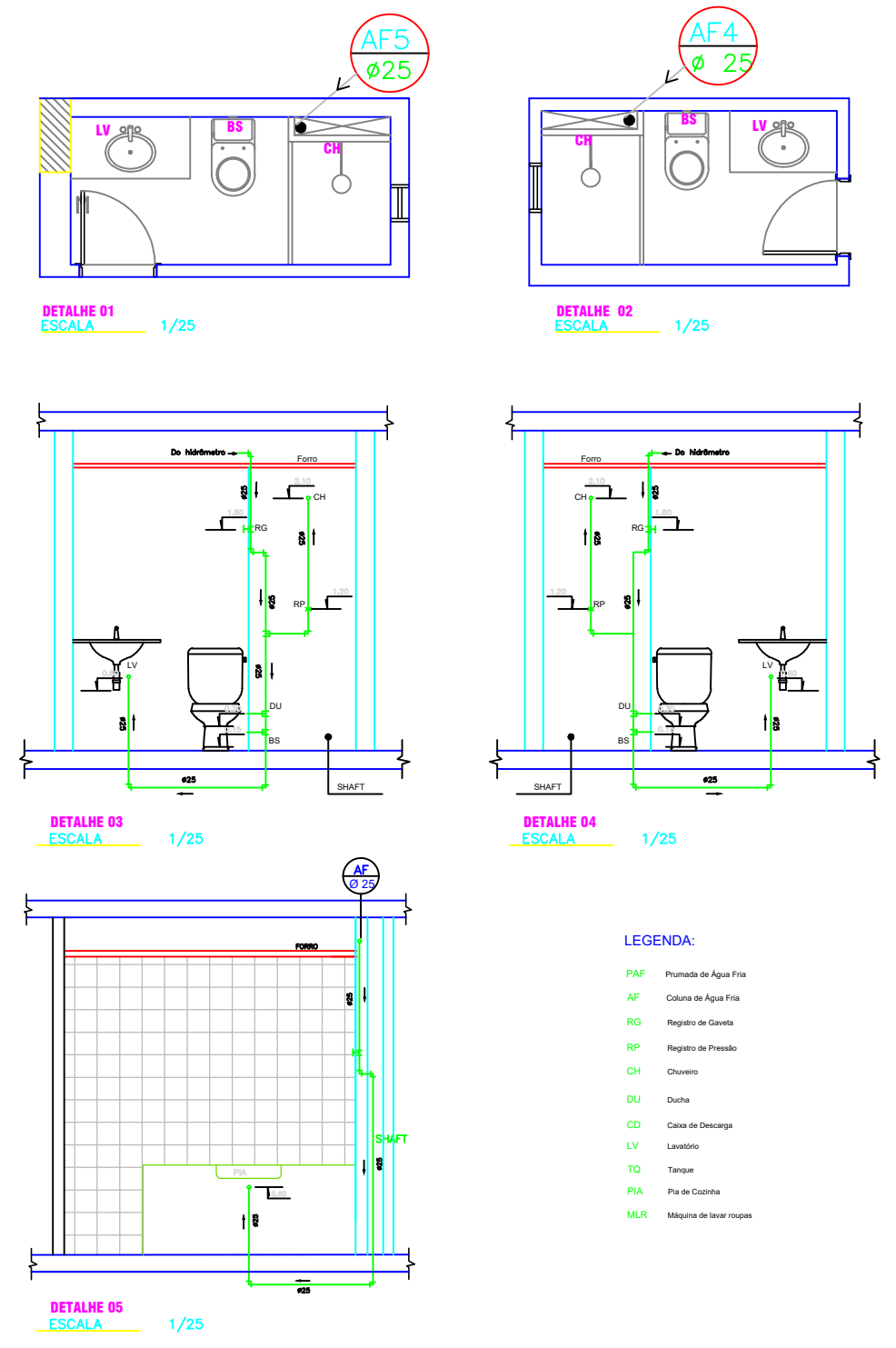
Fonte: Autor

A imagem alvo e o *QR Code* da experiência em vídeo foram usadas como imagem na folha de projetos, e a visualização acontece da mesma forma que os demais modelos; apontando a câmera do aparelho eletrônico utilizado para o *QR Code* e em seguida para a imagem, que reproduzirá automaticamente o vídeo.

APÊNDICE 06 - Folha de projeto 01



PLANTA BAIXA
ESCALA: 1/75

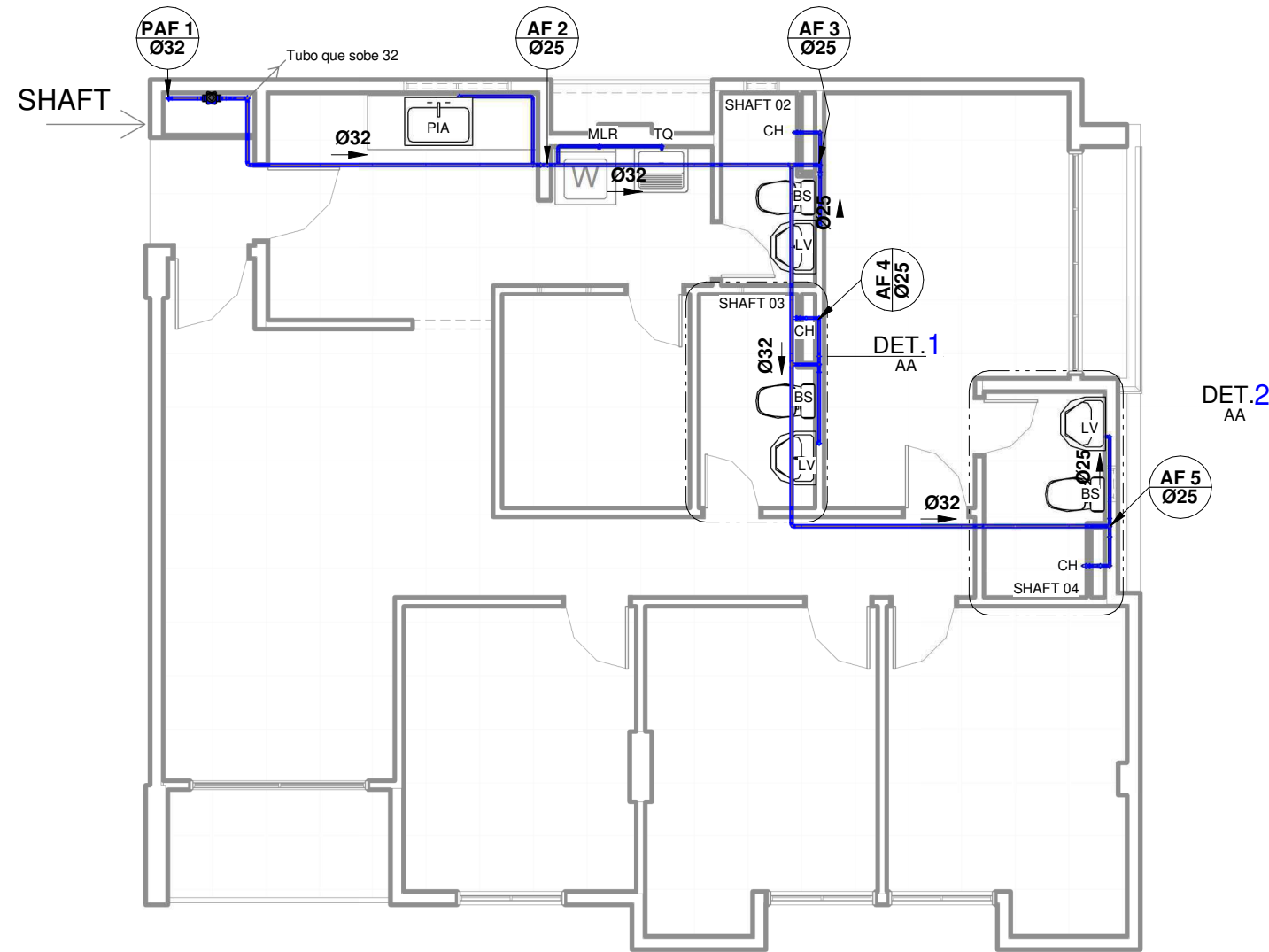


- LEGENDA:**
- PAF Prumada de Água Fria
 - AF Coluna de Água Fria
 - RG Registro de Gaveta
 - RP Registro de Pressão
 - CH Chuveiro
 - DU Ducha
 - CD Caixa de Descarga
 - LV Lavatório
 - TO Tanque
 - PIA Pia de Cozinha
 - MLR Máquina de lavar roupas

PRODUZIDO POR UMA VERSAO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSAO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

APÊNDICE 7 – Folha de projeto 02



1 - PLANTA TÉRREO
1:75

INSTRUÇÃO TÉCNICA EM VÍDEO:



augin.app: estudo - tcc - experi
- experiência em vídeo

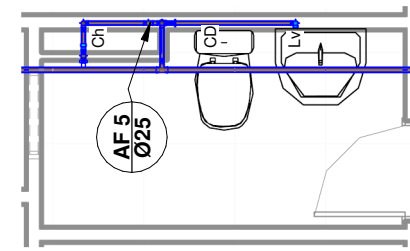


Limpeza

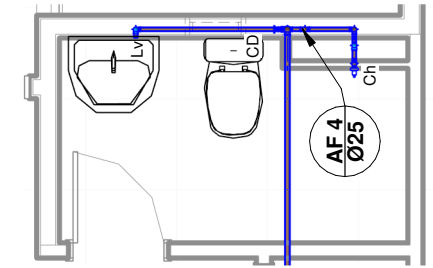
ACESSE O PROJETO:



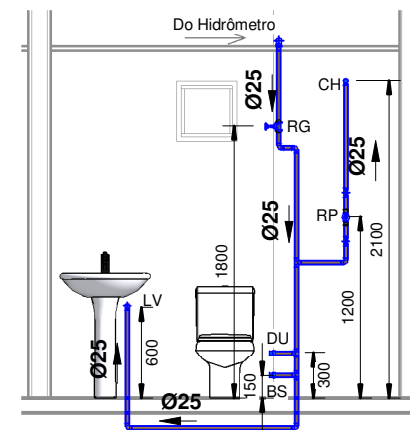
augin.app: folha de projeto 02-á
jeto 02-água fria



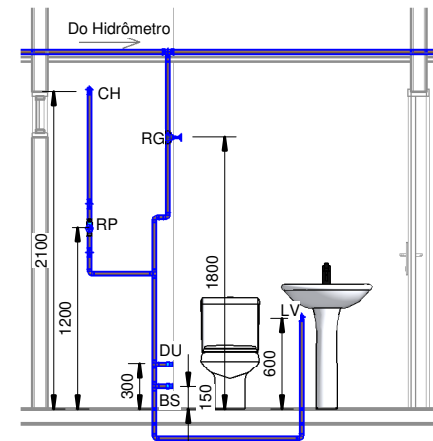
DETALHE 01
1:25



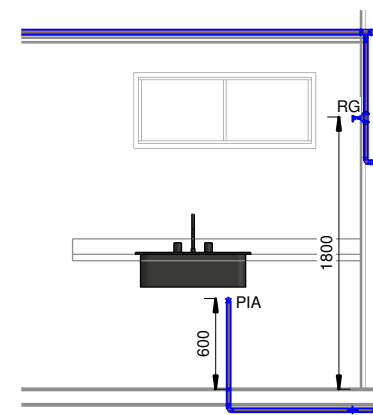
DETALHE 02
1:25



DETALHE 03
1:25



DETALHE 04
1:25



DETALHE 05
1:25

LEGENDA:

-TUBULAÇÃO PVC - ÁGUA FRIA

-COLUNA DE ÁGUA FRIA
nn: número da coluna
xx: diâmetro nominal da coluna

ABREVIações:

- BS - BACIA SANITÁRIA
- LV - LAVATÓRIO
- CH - CHUVEIRO
- TN - TANQUE
- MLR - MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS
- DU - DUCHA HIGIÊNICA
- RG - REGISTRO DE GAVETA
- RP - REGISTRO DE PRESSÃO
- HID - HIDRÔMETRO
- PIA - PIA DE COZINHA



WE ARE AUGIN'
Visit our site augin.app

augin'

Load your 3D models and start
augin' your projects in AR.

FREE DOWNLOAD

