

MATHEUS ALVES DARIVA

**AUTOMATIZAÇÃO INFORMACIONAL DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS
PREDIAIS POR MEIO DE TECNOLOGIA BIM E RA**

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Orientador: Prof. Dr. André Luís de Araujo

UBERLÂNDIA

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MATHEUS ALVES DARIVA

AUTOMATIZAÇÃO INFORMACIONAL DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS
PREDIAIS POR MEIO DE TECNOLOGIA BIM E RA

UBERLÂNDIA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

D218a Dariva, Matheus Alves, 1995-
2021 Automatização informacional de sistemas hidrossanitários prediais
por meio de tecnologia BIM e RA [recurso eletrônico] / Matheus Alves
Dariva. - 2021.

Orientador: André Luís de Araujo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.7107>
Inclui bibliografia.

1. Arquitetura e Urbanismo. I. Araujo, André Luís de (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDU: 72

André Carlos Francisco
Bibliotecário Documentalista - CRB-6/3408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 11, Sala 234 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 3239-4433 - www.ppgau.faued.ufu.br - coord.ppgau@faued.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Arquitetura e Urbanismo				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGAU				
Data:	dez de dezembro de 2021	Hora de início:	10:00	Hora de encerramento:	12:00
Matrícula do Discente:	11922ARQ012				
Nome do Discente:	Matheus Alves Dariva				
Título do Trabalho:	AUTOMATIZAÇÃO INFORMACIONAL DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS PREDIAIS ATRAVÉS DE TECNOLOGIA BIM E RA"				
Área de concentração:	Projeto, Espaço e Cultura				
Linha de pesquisa:	Produção do espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia.				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Interoperabilidade em Plataformas de Building Information Modeling (BIM): estratégias para implementação				

Reuniu-se em web conferência pela plataforma Mconf-RNP, em conformidade com a PORTARIA nº 36, de 19 de março de 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, assim composta: Professores Doutores: Adriano Luiz Tonetti - UNICAMP; Alexandre Cardoso - FEELT.UFU e André Luís de Araujo – PPGAU.FAUed.UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). André Luís de Araujo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Luis de Araujo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/12/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Matheus Alves Dariva, Usuário Externo**, em 10/12/2021, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Cardoso, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2021, às 05:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Luiz Tonetti, Usuário Externo**, em 13/12/2021, às 09:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3250208** e o código CRC **738D5843**.

RESUMO

As deficiências no processo de projeto de sistemas hidrossanitários podem ser decorrentes, principalmente, do envolvimento tardio dos projetistas na concepção do projeto e de sua participação descontinuada e pontual, deixando de incluir o desenvolvimento do “as built” e avaliações pós-ocupação. A metodologia BIM se enquadra nesse cenário como um caminho para explorar novas tecnologias para aprimorar a produção de projetos e aumentar a produtividade nos canteiros de obra. A Realidade Aumentada (RA) é outra tecnologia que pode beneficiar toda a equipe na construção, operação e manutenção de um empreendimento, propondo uma mudança que não acontece apenas na etapa de projetos, mas também na etapa de obra. Porém percebe-se uma certa escassez em pesquisas que se concentram na aplicação de BIM e RA para análises de informação da construção, principalmente quando se trata de sistemas hidrossanitários. Nesse cenário, a proposta desta contribuição trata-se do desenvolvimento de um artefato tecnológico que permita explorar e analisar as soluções e informações de instalações hidrossanitárias a partir de RA medindo, em certo grau, o quanto essa tecnologia pode contribuir para o processo de análise, construção e manutenção. A intenção é aprimorar o acesso às informações necessárias para a execução de determinados sistemas hidrossanitários, reduzindo erros em obras que ocasionam desperdícios e comprometem a eficiência e funcionalidade dessas instalações. A adoção da análise qualitativa de questionários respondidos por profissionais de 3 obras diferentes foi o método de avaliação das contribuições do artefato. Os resultados demonstraram uma resposta positiva dos usuários e apontaram que o artefato proposto fornece acesso altamente abrangente, móvel e eficaz às informações de instalações hidrossanitárias, com grande potencial de reduzir significativamente erros de execução em obras.

Palavras-chave: BIM. Realidade Aumentada. Projeto Hidrossanitário. Instalações Prediais. Nível de Desenvolvimento.

ABSTRACT

Deficiencies in the design process of plumbing systems can be mainly due to the late involvement of designers in the project design and their discontinued and punctual participation, not including the development of "as built" and post-occupancy assessments. The BIM methodology fits into this scenario as a way to explore new technologies to improve project production and increase productivity at construction sites. Augmented Reality (AR) is another technology that can benefit the entire team in the construction, operation and maintenance of an enterprise, proposing a change that does not only happen in the design stage, but also in the construction stage. However, there is a certain scarcity in researches that focus on the application of BIM and RA for analysis of construction information, especially when it comes to plumbing systems. In this scenario, the proposal of this contribution is the development of a technological artifact that allows exploring and analyzing the solutions and information of building facilities from RA, measuring, to a certain degree, how much this technology can contribute to the analysis process and construction. The intention is to improve access to the information necessary for the execution of certain hydro-sanitary systems, reducing errors in works that cause waste and compromise the efficiency and functionality of these installations. The adoption of qualitative analysis of questionnaires answered by professionals from 3 different works was the method of evaluating the contributions of the artifact. The results showed a positive response from users and indicated that the proposed artifact provides highly comprehensive, mobile and effective access to information on building facilities, with great potential to significantly reduce execution errors in works.

Keywords: BIM. Augmented Reality. Plumbing System. Building Facilities. Level of Development

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. LOD aplicado a uma cadeira de escritório.....	14
Figura 2. Nível de Desenvolvimento em relação ao Nível de Detalhe e Nível de Informação..	15
Figura 3. Síndrome <i>Over-the-wall</i> - Interação entre os diferentes estágios e profissionais na concepção de uma obra.	17
Figura 4. Filtro de pesquisa de trabalhos que investigam RA aplicado a instalações prediais. ..	20
Figura 5. Representação esquemática da metodologia da etapa de criação do artefato do presente trabalho.....	25
Figura 6. Tabela com os nomes dos parâmetros no Excel.	31
Figura 7. Tabela com os valores dos parâmetros para cada família no Excel.....	31
Figura 8. Dados a respeito da classe IfcSanitaryTerminalType no site da buindingSMART....	32
Figura 9. Estrutura da rotina no Dynamo para adicionar os parâmetros especificados na tabela do Excel em determinadas famílias automaticamente.	32
Figura 10. Estrutura da rotina no Dynamo para adicionar os valores dos parâmetros especificados na tabela do Excel em determinada categoria de famílias automaticamente.	33
Figura 11. Estrutura da rotina no Dynamo para adicionar o preço de todas os componentes hidrossanitários presentes no modelo de forma automática de acordo com o sistema SINAPI..	34
Figura 12. Documento TXT utilizado para controlar os parâmetros exportados para IFC..	35
Figura 13. Modelo hidrossanitário feito no Revit utilizado em uma das obras visitadas.....	35
Figura 14. Modelo hidrossanitário com marcador locado após tratamento no Unity.	36
Figura 15. Exemplo de marcador recomendado na documentação do SDK Vuforia.	37
Figura 16. Parte da estrutura da programação feita em C# para fazer com que os valores dos parâmetros de um elemento apareçam na tela no momento em que é selecionado no Unity.....	37
Figura 17. Resultado do modelo hidrossanitário virtual em modo play na Unity.....	38
Figura 18. Modelo hidrossanitário virtual sobreposto ao modelo real da obra.	38
Figura 19. Respostas da 2ª pergunta do questionário.....	41
Figura 20. Respostas da 3ª pergunta do questionário.....	41
Figura 21. Respostas da 4ª pergunta do questionário.....	41
Figura 22. Respostas da 5ª pergunta do questionário.....	42
Figura 23. Respostas da 6ª pergunta do questionário.....	42
Figura 24. Respostas da 7ª pergunta do questionário.....	42
Figura 25. Respostas da 8ª pergunta do questionário.....	43
Figura 26. Algumas informações sobre como as famílias do template foram configuradas.....	45
Figura 27. Modelo virtual sobreposto em uma parede hidráulica com a caixa de informações de um Tê Soldável que foi selecionado.	46
Figura 28. Comparação de dificuldades em se executar um projeto hidrossanitário antes de utilizar o aplicativo criado neste trabalho (esquerda) e após utilizar o aplicativo (direita).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exemplos de atributos geométricos e não-geométricos dos elementos em BIM. 13

Tabela 2. Instruções Gerais para a Condução/Avaliação da Design Science Research. 23

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
1.1. Tecnologia BIM: Cenário Atual.....	13
1.2. Nível de Desenvolvimento – Level of Development (LOD)	13
1.3. Padrão aberto internacional para BIM - IFC	15
1.4. A sequência linear de projetos.....	16
1.5. O trabalho colaborativo com a tecnologia BIM	18
1.6. Realidade Aumentado e seu potencial na Construção Civil.....	18
2. OBJETIVO.....	22
2.1. Objetivo principal.....	22
2.2. Objetivo específico.....	22
3. METODOLOGIA	23
3.1. Relevância do Problema e o Design como Artefato.....	23
3.2. Estudos iniciais.....	26
3.3. Componentes.....	26
3.3.1. Organização e classificação das famílias no Revit.....	26
3.3.2. Definição de parâmetros de famílias - Model View Definition (MVD)	29
3.3.3. Criação de tabelas de parâmetros e valores	30
3.3.4. Vinculação de dados em famílias com rotinas no Dynamo	32
3.3.5. Vinculação de parâmetros orçamentários.....	33
3.4. Interoperabilidade.....	34
3.5. Modelos completos	35
3.6. Teste e validação dos aplicativos/dispositivos de RA.....	36
3.7. Avaliação e Contribuição do Design.....	38
3.8. Processo de Pesquisa e Comunicação	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1. Execução de SHP's no cenário atual.....	43
4.2. Utilização de RA + BIM no processo de construção de SHP's	44
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

A concepção de um projeto pode ser considerado um mecanismo complexo que abrange, além do próprio modelo, diversas interfaces com outras características técnicas. Portanto, o processo de elaboração de um projeto deve considerar a necessidade de integração das equipes, dos conhecimentos e das experiências. Além disso, a dinâmica atual do setor de construção civil tem exigido uma otimização cada vez maior dos projetos, a fim de garantir melhor planejamento e controle das obras. Para que esse desenvolvimento seja possível, é necessário estabelecer um fluxo de trabalho estável e padronizado na elaboração dos projetos de um empreendimento, no qual as etapas realizadas atendam adequadamente às necessidades de todos os intervenientes e contribuam para a comunicação entre as diversas equipes (ABESP, 2012).

Na atual conjuntura de projetos executivos de edificações, um grande número de informações foi acrescido de maneira diretamente proporcional ao avanço da computação. Até o início dos anos 2000 os projetos arquitetônicos, estruturais, complementares e detalhamentos tinham uma sequência linear e de transição bem marcada, tornando inviável mudanças contrárias ao fluxo criação-implementação-construção (BURRY e BURRY, 2012). Nesse contexto, os projetos mais subsequentes ficavam responsáveis por se adequar ao que foi estabelecido nos projetos antecessores, mesmo que estas adequações representassem uma perda de eficiência em seu próprio sistema (RUSCHEL et al., 2013; CROTTY, 2013).

Com o advento da popularização do BIM, esta sequência linear vem sendo controvertida e as diferentes disciplinas de projeto tem sido desenvolvida com etapas um pouco mais simultâneas desde os estágios criativos. Com efeito, os projetos mais subsequentes são obrigatoriamente objeto de estudo e compatibilizado com seus antecessores. Um exemplo claro desta filosofia é a produção de edifícios com selos de sustentabilidade (LEED, Casa Azul, AQUA, etc.) nos quais os projetos arquitetônicos e estrutural tem a mesma preponderância de um projeto hidrossanitário, no quesito reuso de água, tratamento de esgoto e destinação pluvial adequada (COSTA e colab., 2015).

O Projeto Hidrossanitário visa planejar a instalação do conjunto de canalizações, aparelhos, peças e acessórios que formam o sistema hidráulico e sanitário de uma edificação. Um projeto elaborado de acordo com a normas técnicas brasileiras tende a garantir o funcionamento destas instalações, evitando problemas como falta de pressão, de vazão ou manifestação de mal cheiro proveniente de ralos e afins (ABNT, 1999). Dentre as disciplinas de projeto, as instalações hidrossanitárias vêm recebendo destaque pois impacta fortemente no atendimento às exigências associadas à ecoeficiência e ao desempenho, em particular no atendimento dos requisitos estabelecidos pela NBR 15.575 (LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016).

Apesar de nos meios acadêmicos terem sido propostos modelos para o desenvolvimento de programas de necessidades dos sistemas prediais, como fator indutor da qualidade do projeto e com selos de construção sustentável, cada dia mais requisitados em empreendimentos, diante de um setor com um histórico de grande gerador de resíduos, estudos apontam para a continuidade nas deficiências associadas à contratação e coordenação dos projetos hidrossanitários (LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016).

Ainda que os avanços tecnológicos associados ao desenvolvimento de materiais e sistemas prediais inovadores, patologias relacionadas aos sistemas hidrossanitários

continuam sendo um aspecto crítico no uso e operação de edificações (CUPERTINO; BRANDSTETTER, 2015). De acordo com um estudo realizado em 2011 pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (IBAPE/SP), cerca de 75% das patologias da construção são provenientes de problemas relacionados as instalações hidráulicas e sanitárias. Parte significativa dos problemas é decorrente de inconsistências nos projetos ou equipamentos especificados inadequadamente (LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016).

Ywashima e Ilha (2010) relatam que a grande maioria dos escritórios das diversas disciplinas de projetos ainda trabalham de forma segmentada, e as soluções adotadas nem sempre atendem as necessidades dos usuários e a manutenibilidade da edificação. Para tornar os projetos compatíveis são realizadas diversas reuniões, as quais consomem recursos e implicam em retrabalho. Alguns autores propõem a utilização de tecnologias projetuais, como o BIM e Realidade Aumentada (RA), para a melhoria do processo de projeto e integração das informações e de todos os participantes para implicar uma mudança metodológica no planejamento de obras que vem sendo praticado (QIAO et al, 2019; RUSCHEL et al., 2013; CROTTY, 2013).

A tecnologia de RA permite a sobreposição de objetos e ambientes virtuais em ambiente físico reais, através de algum dispositivo tecnológico. O usuário ainda consegue manipular e fazer análises desses objetos nesses cenários (KIRNER e ZORZAL, 2005). Por exemplo, para um design de interiores, o cliente pode visualizar como ficaria um móvel em um ambiente antes de comprar o objeto na loja. Para a construção de um edifício, o empreendimento pode ser projetado em 3D na frente de um possível comprador e causar uma boa impressão. Porém, percebe-se que ainda são escassas pesquisas que se concentram na aplicação de RA e BIM para análises de informação da construção (SATO e SCHEER, 2019). Isso torna a utilização de RA muito mais difusa a questões visuais de arquitetura e estrutura do que as questões informativas de infraestrutura e instalações, dentre elas, o sistema hidrossanitário, por exemplo. Dessa forma, o número de pesquisas destinadas ao desenvolvimento de tecnologias BIM especificadas a esses sistemas é reduzido em relação à outras disciplinas. É o que relata Emmit (2010), embora haja diversos estudos referentes à sistemas hidrossanitários, trabalhos que concentram sua atenção no processo desse tipo de projeto, do ponto de vista da gestão, ainda são escassos.

No atual contexto acadêmico e de mercado brevemente delineado acima, em que as disciplinas de instalações ganham a mesma relevância que as outras disciplinas (arquitetura e estrutura, por exemplo) no processo de projeto, duas questões desafiam o desenvolvimento dos projetos hidrossanitários, na perspectiva da gestão metodológica: a incorporação dos conceitos de TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação) e a adequação às exigências da NBR 15.575 (Norma de Desempenho) e dos parâmetros de sustentabilidade discutidos atualmente. Este trabalho visa desenvolver um artefato tecnológico que permita explorar e analisar as soluções e informações de instalações hidrossanitárias a partir de RA medindo, em certo grau, o quanto essa tecnologia pode contribuir para o processo de análise e construção. A intenção é aprimorar o acesso às informações necessárias para a execução de determinados sistemas hidrossanitários, reduzindo erros em obras que ocasionam desperdícios e comprometem a eficiência e funcionalidade dessas instalações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Tecnologia BIM: Cenário Atual

Atualmente estão sendo aplicados métodos e padrões de estudos que visam aprimorar a produção de projetos na construção civil. Pesquisam-se estratégias de concepções construtivas que apresentem aproximação com a realidade dos canteiros de obra, ou ainda um controle sobre todo o planejamento, favorecendo principalmente o andamento da construção (MAGALHÃES; MELLO; BANDEIRA, 2018). A metodologia BIM se enquadra nesse cenário como uma possibilidade de inovação tecnológica e de progresso da produtividade nos canteiros de obra. Um dos pioneiros do conceito foi Chuck Eastman (2014), professor do Instituto de Tecnologia da Geórgia, nos Estados Unidos. Em seu ponto de vista, ele dizia:

“BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de dados com informações topológicas e subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da construção.”

Desenvolvido pela empresa Autodesk, Inc., o Revit é um dos softwares com tecnologia BIM disponíveis no mercado e inclui recursos para projeto arquitetônico, engenharia de sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos, engenharia estrutural e construção. Oferece também suporte a um processo de projeto colaborativo e multidisciplinar, permitindo que todos os envolvidos se mantenham atualizados em relação as etapas de um empreendimento. Integrado a ele existe uma plataforma de programação visual chamada Dynamo, que permite automatizar tarefas repetitivas, criar modelos associados a regras complexas ou dados externos, operar parâmetros de elementos de projeto, etc. (AUTODESK, 2019). No Revit, todo modelo virtual de construção é concebido com a modelagem e utilização de famílias. Segundo a Autodesk (2019), uma família é um grupo de elementos com um conjunto de parâmetros (informações semânticas e/ou geométricas) e uma representação gráfica relacionada, constituindo um modelo BIM.

1.2. Nível de Desenvolvimento – Level of Development (LOD)

Cada elemento modelado em plataforma BIM é a representação das características físicas e funcionais de um componente ou conjunto de componentes a serem utilizados na construção do edifício. Um aspecto do BIM é a disponibilidade de conter informações do edifício, esses dados são definidos em relação aos atributos geométricos e não-geométricos dos elementos (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018).

Tabela 1. Exemplos de atributos geométricos e não-geométricos dos elementos em BIM.

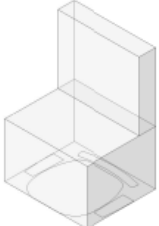
Atributos geométricos	Atributos não-geométricos
Tamanho	Dados de desempenho do produto
Volume	Especificações técnicas e de atendimento às normas
Forma	Custo
Densidade	Cor, marca, detalhes técnicos
Área	Sistema de classificação (DEINFRA, Unifomat, Omniclass, SINAPI (...))

Fonte: Governo de SC - Caderno de apresentação de projetos em BIM (2018)

O Nível de Desenvolvimento (ND) - Level of Development (LOD), desenvolvido pelo BIMForum, é uma especificação para articular com clareza o conteúdo e a confiabilidade do modelo BIM em diferentes fases de um projeto. Ele está relacionado à quantidade de informações e de detalhes que estão presentes em um componente de uma concepção virtual (EASTMAN; SOLIHIN, 2015). De acordo com o BIMForum, as etapas de um projeto estão associadas a um LOD, elas são cumulativas e evoluem do LOD 100 (fase de concepção) até o LOD 400, que corresponde ao projeto concluído com geração da documentação da obra. Por último, tem-se o LOD 500, que caracteriza o que foi realizado. Nessa evolução cada componente é incrementado com parâmetros geométricos e não geométricos e são categorizados conforme a seguir:

- **LOD 100:** Inclui elementos do projeto, como objetos 3D que são usados para estudos de massa;
- **LOD 200:** Os elementos conceituais são convertidos em objetos genéricos com a definição de suas dimensões básicas;
- **LOD 300:** Os elementos do modelo são graficamente representados como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação;
- **LOD 350:** Os elementos genéricos são alterados para os elementos finais, com visão da construção e da identificação das interfaces entre as especialidades;
- **LOD 400:** Contempla o detalhamento final de todos os elementos do empreendimento, de modo a gerar informações suficientes para a perfeita caracterização dos serviços a serem executados;
- **LOD 500:** Fim da gestão das fases de obra, e o fim da gestão das fases de projeto da edificação com a geração do projeto de “As Built” e manuais.

Figura 1. LOD aplicado a uma cadeira de escritório.

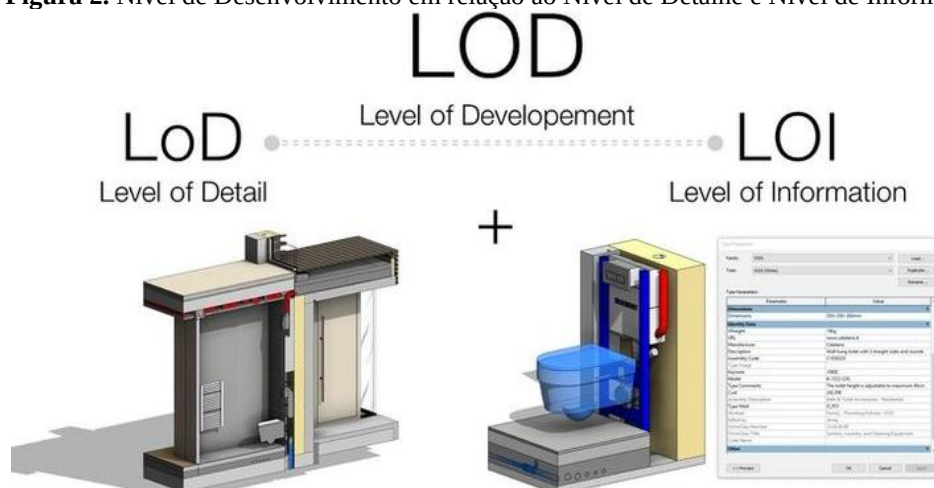
LEVEL of DEVELOPMENT				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 400	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013

Fonte: PracticalBIM (2013)

O LOD as vezes é interpretado como Nível de Detalhe, em vez de Nível de Desenvolvimento, porém existem diferenças importantes. O Nível de Detalhe é, essencialmente, a quantidade de detalhes incluída no elemento do modelo (concepção

visual). O Nível de Desenvolvimento é o grau em que a geometria do elemento e as informações anexadas a ele foram pensadas, ou seja, é o Nível de Detalhe do componente associado ao seu Nível de Informação. Em essência, o Nível de Detalhe pode ser considerado como um input para o elemento, enquanto o Nível de Desenvolvimento é um output com informações confiáveis anexadas (BIMFORUM, 2019).

Figura 2. Nível de Desenvolvimento em relação ao Nível de Detalhe e Nível de Informação



Fonte: Gartner Lifecycle Architecture (2018)

1.3. Padrão aberto internacional para BIM - IFC

O IFC (Industry Foundation Classes) é utilizado para trocar e compartilhar dados de modelos BIM entre aplicativos desenvolvidos por diferentes fornecedores de software. Esse é atualmente o modo mais adequado para se estabelecer uma análise de dados de projetos sem necessitar de se utilizar os softwares nativos usados por cada profissional. O IFC possui um formato aberto, portanto, não pertence a um único fornecedor de software, é neutro e independente. Eastman et al. (2008) explicam que o IFC foi desenvolvido para criar um grande conjunto de dados consistentes de forma a representar um modelo de dados de um edifício, com o objetivo de permitir a troca de informações entre diferentes fabricantes de software para AEC.

A buildingSMART (2012) define o IFC como um esquema de dados que torna possível trocar informações entre diferentes profissionais por meio de diferentes aplicativos para BIM. O esquema IFC é extensível e compreende informações de todas as disciplinas presentes em um modelo BIM durante seu ciclo de vida. O IFC está registrado pela International Organization for Standardization (ISO) como ISO-PAS-16739 (2005) e atualmente vem avançando para se tornar uma norma oficial. As trocas de informações nos padrões IFC precisam seguir certos “requisitos de trocas” para atender à determinadas demandas de forma eficiente (sem perda ou poluição de dados). Esses requisitos especificam as informações que precisam estar presentes em uma troca de dados em determinado estágio de um projeto, prevenindo incertezas.

Atualmente o IFC se encontra na sua versão IFC4 (lançado em 2013), porém, desde 1997, vem sendo desenvolvido com sucessivas atualizações. As versões vão sofrendo modificações e incrementos para que possam se aproximar de uma interoperabilidade mais simples e completa que representa, cada vez mais, entidades e relações de um edifício no seu ciclo de vida. Por ser um formato de dados neutro e aberto, muitas empresas de software podem desenvolver métodos de exportações de dados no formato.

Para isso, a aplicação precisa ser certificada pela buildingSMART, se tornando assim compatível com IFC. Atualmente, existem aproximadamente 150 softwares certificados como compatíveis com IFC.

1.4. A sequência linear de projetos

Quando se trata de BIM, o aspecto colaborativo é comumente apontado como o aspecto central, pois visa integrar conhecimentos durante a construção de um edifício. Essa abordagem é reproduzida em equipes de projeto que, compartilhando conhecimento, promove o aprendizado conjunto por meio da troca de experiências (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). A adoção desta metodologia pode contribuir para a formação de colaboradores de escritórios mais qualificados, bem como parece contribuir para a melhoria das competências de gestão da informação de projetos (PETERSON et al., 2011). No entanto, a compreensão dos aspectos físicos e funcionais de sistemas específicos permanece complexa quando é difícil de se encontrar um protótipo que permita conclusões técnicas sobre um processo de projeto (KIM, 2012).

Contudo, muitos sistemas hidrossanitários requerem conhecimento especializado sobre o processo de construção para documentá-los em um Nível de Desenvolvimento compatível com sua consuntibilidade. Uma pesquisa mostrou que para alguns profissionais a comparações entre entendimento por meio do desenho CAD tradicional e o controle da informação no BIM, em geral, se restringe ao próprio desenho dentro desses dois sistemas. Embora a capacidade de compreender um processo usando qualquer uma das ferramentas seja difícil de medir, modelos BIM configurados em altos Níveis de Desenvolvimento auxilia no entendimento dos(as) usuários(as) a respeito de sistemas específicos (OZCAN-DENIZ, 2016).

Em um contexto ideal, o profissional que desenvolve essas soluções não precisaria se engajar simultaneamente em outros projetos, pois o tempo e o custo na aplicação de soluções especializadas com altos Níveis de Desenvolvimento normalmente são aumentados (KENT; MILLER; FARNSWORTH, 2017). Por outro lado, esse procedimento reflete em economias nas fases de construção e gestão de um edifício (WORTMANN; TUNÇER, 2017). Embora a combinação de recursos em um ambiente BIM funcione como um facilitador para a obtenção de resultados mais compactos e sustentáveis na construção de um edifício, o objetivo deste trabalho não é apenas simplificar o processo de design, mas também auxiliar no aprendizado e entendimento sobre sistemas hidrossanitários através de um artefato tecnológico.

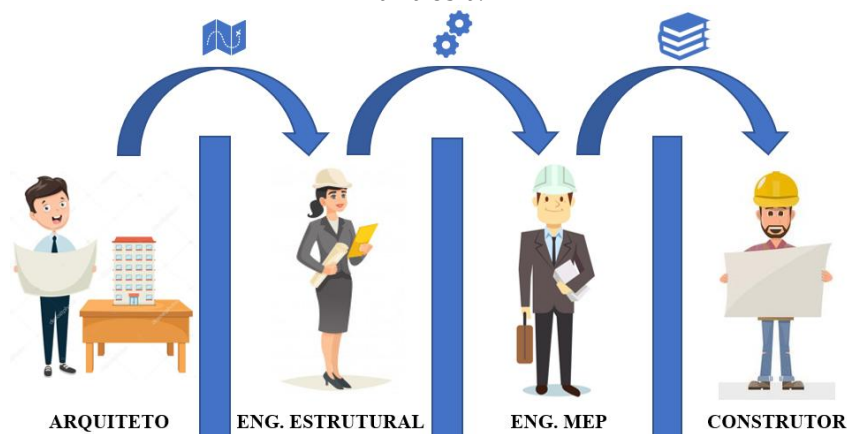
Nessa atual conjuntura de projetos executivos de edificações, muitas informações foram acrescentadas de maneira diretamente proporcional ao avanço da computação. Até o início dos anos 2000 os projetos arquitetônicos, estrutural e complementares e detalhamentos tinham uma sequência linear e de transição bem marcada, tornando inviável mudanças contrárias ao fluxo criação-implementação-construção. Nesse contexto, os projetos mais subsequentes ficavam responsáveis por se adequar ao que foi estabelecido nos projetos antecessores, mesmo que estas adequações representassem uma perda de eficiência em seu próprio sistema (NAWI et al, 2011).

Basicamente, esse processo começa com um resumo do cliente no início do projeto. Durante o processo de briefing, o cliente instruirá o arquiteto a projetar o edifício com base no método tradicional de construção. O arquiteto produzirá um projeto arquitetônico reunindo e analisando as informações e executando todo o trabalho necessário para

elaborar um projeto (KAMAR; AM & AZMAN; MOHD NAWI, 2014). Na próxima etapa, todos os detalhes de informações e documentação serão fornecidos aos engenheiros estruturais, a fim de preparar e conceber os elementos estruturais. Em seguida, essas informações também serão usadas pelos engenheiros de instalações hidrossanitárias e elétricas para produzir especificações e concepções desses sistemas.

Após a conclusão do projeto estrutural e de instalações prediais, os projetos e especificações detalhados serão transmitidos ao inspetor de quantidade para estimar os custos e preparar a lista de quantidades para o processo de licitação e contratação. Durante o processo de seleção do contratante principal, a prática geral é basear-se na submissão mais apropriada e com o menor custo para a construção. Todos os documentos serão repassados ao empreiteiro para iniciar as obras. No entanto, o contratante precisa discutir primeiro com fabricantes ou fornecedores de materiais, a fim de converter todos os desenhos tradicionais em padrão ou especificação do mercado. Finalmente, o processo de construção pode começar. Esse processo tradicional é conhecido como síndrome "over-the-wall" e é representado pela Figura 3 (KAMAR; AM & AZMAN; MOHD NAWI, 2014).

Figura 3. Síndrome *Over-the-wall* - Interação entre os diferentes estágios e profissionais na concepção de uma obra.



Fonte: Autor (2021).

O processo tradicional de construção tem sido amplamente criticado por sua abordagem fragmentada da entrega do projeto e por sua falha em formar equipes eficazes. Pesquisadores anteriores (EVBUOMWAN; ANUMBA, 1998; EGAN, 2002) revelaram que essa abordagem tradicional gerou muitos problemas associados à fragmentação, como isolamento de profissionais e falta de coordenação entre projeto e construção. Por outro lado, Abadi (2005) definiu fragmentação como: “a divisão resultante do número crescente de profissões e organizações envolvidas em todos os processos de um projeto de construção. Isso foi causado pela crescente demanda por diferenciação e especialização, à medida que os projetos de construção aumentam em tamanho e complexidade”.

Além disso, a natureza do processo de construção tradicional em si é conduzida de maneira sequencial e é construído com base na abordagem de profissionais segregados durante a fase de projeto e construção. Esse cenário geralmente resulta em ineficiências durante a fase de construção, como aumento da complexidade do projeto, retrabalho, aumento de custos e maior duração da construção, o que resulta em ineficiência em todo o processo de uma obra (EVBUOMWAN; ANUMBA, 1998). Como resultado dessa fragmentação, o processo tradicional de construção tende a incorrer em custos adicionais

com o retrabalho resultante de erros, problemas de qualidade e ineficiência dos prazos de entrega do projeto, baixo desempenho e insatisfação do cliente com a entrega dos produtos (EGAN, 2002; LOVE; GUNASEKARAN; LI, 1998). Além disso, essa prática permite que os fabricantes e contratados se envolvam somente após a fase de projeto, criando problemas para o processo da cadeia de suprimentos (como atrasos no fornecimento de materiais, custos adicionais, etc.) e a questões relacionadas à consuntibilidade.

1.5. O trabalho colaborativo com a tecnologia BIM

Com o advento da popularização do BIM, esta sequência linear vem sendo controvertida e as diferentes disciplinas de projeto têm sido pensadas simultaneamente desde os estágios criativos. Como efeito os projetos mais subsequentes são obrigatoriamente objeto de estudo e compatibilização com seus antecessores (EASTMAN, C. et al., 2014). Um exemplo claro desta filosofia é a produção de edifícios com selos de sustentabilidade nos quais os projetos arquitetônicos e estruturais têm a mesma preponderância dos projetos hidrossanitários no quesito reuso de água, tratamento de esgoto e destinação pluvial adequada (COSTA; MORAES, 2013). Portanto, em todas etapas de projeto, é importante avaliar como os elementos do sistema hidrossanitário vão se vincular com a arquitetura e estrutura de um edifício, em relação a locação, materiais, dimensões, equipamentos, sistemas, etc.

O Projeto Hidrossanitário se inicia após os pré-projetos arquitetônico e estrutural serem finalizados, porém, levando em consideração as especificações feitas nos estudos iniciais, onde todos os projetistas colaboraram para as melhores decisões no estágio criativo. Com toda caracterização do empreendimento abordada, o projetista MEP tem um direcionamento mais sólido para iniciar a modelagem do SHP. Trabalhando com tecnologia BIM e com um modelo de projetos (template) configurado em alto LOD para esses sistemas, é mais seguro conceber, modelar, detalhes e especificar todos os elementos hidrossanitários com informações fiéis do que será realizado na obra. A etapa de compatibilização vem em seguida e por fim se inicia a construção do empreendimento.

Contudo, na etapa de construção (posterior a etapa de projetos), na maioria das vezes, a obra ocorre em um ambiente caótico e barulhento. Ainda que a adoção do sistema BIM reduza grande parte das incompatibilidades e surpresas desagradáveis durante o processo construtivo, podem ocorrer erros de projetos por falta dos materiais especificados adequadamente, falta de mão de obra especializada, falta de conhecimento sobre determinado sistema, falta de noção sobre dimensões, etc. Portanto, é interessante vincular o andamento da etapa de concepção à etapa de obra de modo que seja possível fazer análises mais profundas dos projetos em campo.

1.6. Realidade Aumentado e seu potencial na Construção Civil

Uma inovação tecnológica que está se destacando nos últimos tempos é a Realidade Aumentada (RA), que mal chegou e vem transformando de maneira significativa vários setores nos últimos séculos. Na Construção Civil a RA pode beneficiar toda a equipe na construção, operação e manutenção de um empreendimento. Diferente da Realidade Virtual (RV), que cria um ambiente totalmente novo e independente do mundo real, a Realidade Aumentada inclui elementos virtuais que interagem com elementos reais através da câmera de um dispositivo móvel. Assim é possível unir modelos virtuais de construção à realidade dos canteiros de obras, aumentando a eficiência e precisão,

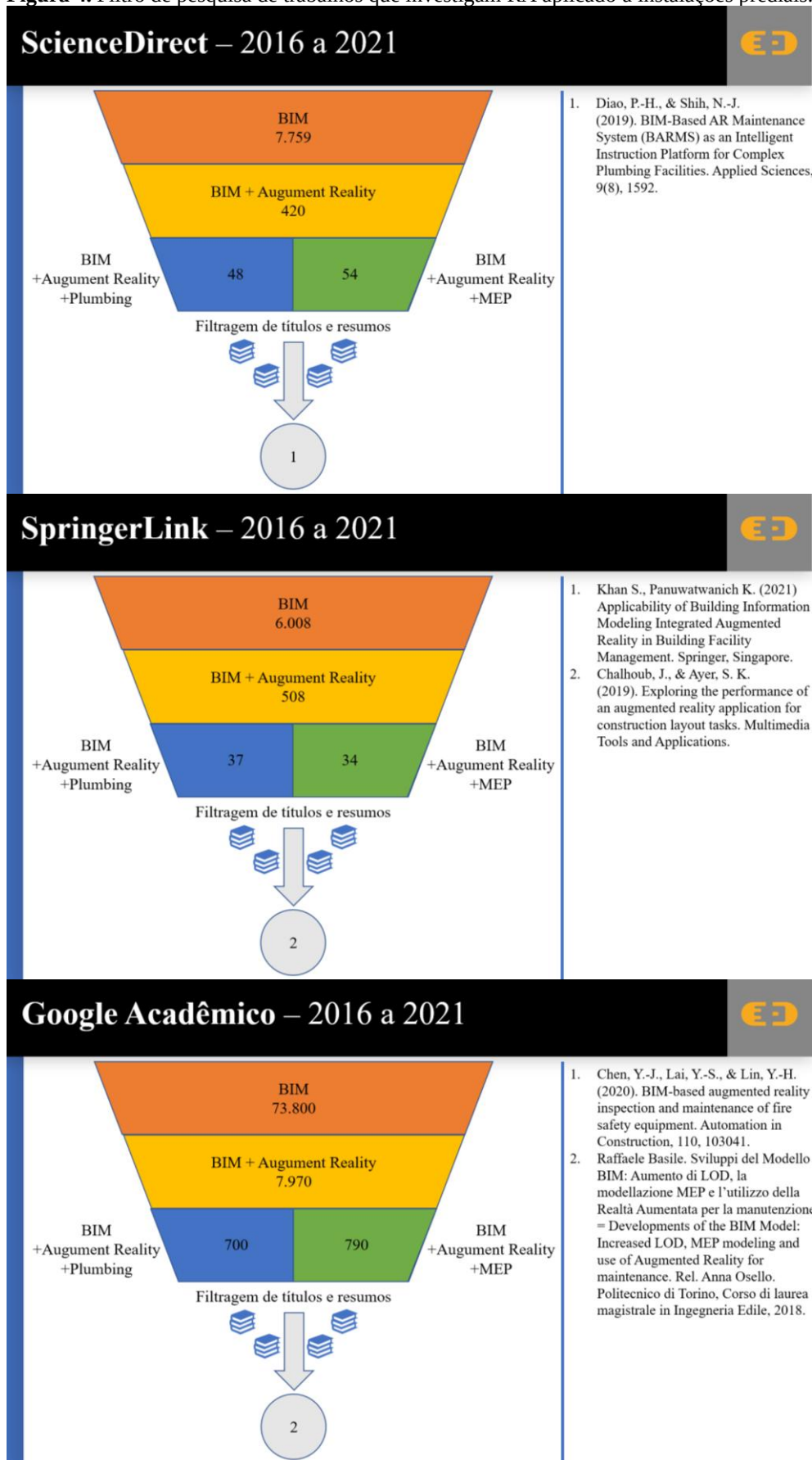
reduzindo a ocorrência de erros e economizando tempo, dinheiro e recursos. Tanto a RA quanto a Realidade Virtual (RV) podem alterar a percepção de nossa presença no mundo. No entanto a RA, ao contrário de RV, que transpõe nossa presença no mundo para outro lugar, permite que os usuários estejam presentes no mundo e simplesmente "aumenta" nossa percepção do mundo, adicionando a capacidade de fornecer aos usuários informações contextualmente relevantes além de nossa percepção atual estado de presença (BILLINGHURST, CLARK E LEE; 2015).

O alto crescimento da Realidade Aumentada na última década atraiu esforços significativos de pesquisa e desenvolvimento tanto da academia quanto da indústria. Ao integrar expressivamente os conteúdos virtuais com o mundo real, a RA torna possível fornecer aos usuários uma experiência sensorial além da realidade. Especialmente, nos últimos anos, os avanços em tecnologias de RA dedicadas como, Google Glass, Microsoft Hololens e Epson Moverio BT-300,1 e Magic Leap, kits de desenvolvimento como ARCore e ARKit, melhorias no desempenho de dispositivos móveis e integração de sensores e avanços em tecnologias de visão computacional impulsionaram ainda mais a pesquisa e o desenvolvimento de metodologias utilizando RA (QIAO et. al; 2019).

Portanto, como mencionado anteriormente, a RA vem sendo muito mais difundida às questões visuais de arquitetura e estrutura do que as questões informativas de infraestrutura e instalações. Fazendo uma análise nos bancos de dados de alguns motores de pesquisa de trabalhos científicos entre os períodos de 2016 e 2021, constata-se uma escassez em pesquisas que investigam tecnologias de RA como forma de aprimoramento e análise de instalações prediais. Os resultados podem ser observados na Figura 4, onde 3 motores de pesquisa científica foram utilizados (ScienceDirect, SpringerLink e Google Acadêmico). A estratégia utilizada foi pesquisar por palavras chaves, começando com “BIM”, posteriormente “BIM” + “Augmented Reality” e por fim “BIM” + “Augmented Reality” + “Plumbing” ou “MEP”. Assim foi se criando um funil onde percebe-se que à medida em que se acrescenta palavras chaves, naturalmente, o número de artigos científicos encontrados decresce. Dessa forma torna-se mais prático filtrar apenas artigos que de fato realizaram estudos e testes quanto a utilização de RA para aprimoramento de instalações prediais.

No motor de pesquisa ScienceDirect foi encontrado apenas um artigo que fez esse tipo de investigação. Nesse artigo, Diao e Shih (2019) demonstram uma plataforma baseada em smartphone e um cenário de aplicação para torre de resfriamento com instruções para protocolo de desligamento de tubulação em uma antiga edificação. Uma estrutura de instrução inteligente e iterativa em RA foi construída considerando assunto, caminho e ações, para guiar o trabalhador na realização de manutenções desses sistemas. Na SpringerLink foram encontrados dois artigos, onde no primeiro Khan (2021) demonstra a aplicação de um sistema de RA integrado ao BIM para gerenciamento das instalações de um laboratório. No segundo Chalhoub e Ayer (2019) exploram a utilização de RA como tecnologia auxiliar na implantação de pontos elétricos em substituição às folhas de projeto, avaliando o desempenho de alguns profissionais avaliados e a precisão da tecnologia adotada. No Google Acadêmico também foram encontrados dois trabalhos, no qual no primeiro Chen, Lai e Lin (2021) apresenta uma tecnologia de RA com informações BIM armazenadas em um banco de dados em nuvem como forma de facilitar a inspeção e manutenção de sistemas de combate a incêndio e pânico em edificações. No segundo Basile (2018) no qual foi desenvolvido método de visualização em RA de modelos BIM de instalações prediais a fim de se auxiliar em manutenções dos sistemas.

Figura 4. Filtro de pesquisa de trabalhos que investigam RA aplicado a instalações prediais.



Fonte: Autor (2021).

A proposta deste trabalho é a utilização de RA para análises da informação de sistemas hidrossanitários para construção e manutenção. A intenção é possibilitar, através de RA, não apenas uma análise visual, mas também um estudo sobre os materiais, dimensões, preço, métodos construtivos e a função de cada componente presente em um modelo hidrossanitário. Essa pode ser uma forma de se evitar ainda mais erros e inconsistência de projetos, melhorar o entendimento na obra e a produtividade na construção. Essa metodologia permitirá que o profissional responsável pelo projeto hidrossanitário de um empreendimento esteja presente nos estudos iniciais de uma concepção, na etapa de projetos e compatibilização e também nos canteiros de obra de forma colaborativa com as outras disciplinas.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo principal

O objetivo deste trabalho é desenvolver um artefato tecnológico que permita explorar e analisar as soluções e informações sobre instalações hidrossanitárias. Empregando conceitos de BIM e RA pretende-se mensurar, em certo grau, o nível de entendimento de profissionais a respeito da execução e manutenção desses sistemas, avaliar possibilidades e limitações a partir da utilização deste artefato durante os processos de execução, fiscalização e manutenção de SHP.

2.2. Objetivo específico

Os objetivos específicos ordenam-se da seguinte forma:

1. Desenvolver um modelo de projeto no software Revit da Autodesk, Inc. com elementos hidrossanitários configurados em alto Nível de Desenvolvimento;
2. Modelar o sistema hidrossanitário de 3 edificações utilizadas para testes;
3. Desenvolver um assistente de RA que permita a visualização de modelos BIM e a análise das informações desses modelos;
4. Transferir os modelos BIM dos sistemas hidrossanitários para o aplicativo de RA criado para análise *in loco*.
5. Aplicar questionários para os profissionais que utilizarão o aplicativo a fim de se medir o quanto o aplicativo pode contribuir para o nível de entendimento de SHP's.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi adotada estratégia de Design Science Research, que tem como característica principal a produção de artefatos inovadores que visem a resolução de problemas encontrados no mundo real, contribuindo para o desenvolvimento da teoria das disciplinas nas quais é aplicada, podendo esses artefatos ser modelos, métodos, conceitos ou implementações (DRESCH, LACERDA, JÚNIOR; 2015). A Tabela 2 representa de forma sintetizada as instruções gerais para a condução e avaliação desse tipo de metodologia.

Tabela 2. Instruções Gerais para a Condução/Avaliação da Design Science Research.

Instrução	Descrição
Relevância do Problema	O objetivo da pesquisa fundamentada em Design Science é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas gerenciais importantes e relevantes.
Design como Artefato	A pesquisa fundamentada em Design Science deve produzir um artefato viável, na forma de um constructo, modelo, método e/ou uma instanciación.
Avaliação do Design	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser, rigorosamente, demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados
Contribuições do Design	Uma pesquisa fundamentada em Design Science deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, e apresentar fundamentação clara em fundamentos de design e/ou metodologias de design.
Design como um Processo de Pesquisa	A busca por um artefato eficaz e efetivo exige a utilização de meios que sejam disponíveis, para alcançar os fins desejados, ao mesmo tempo que satisfaz as leis que regem o ambiente em que o problema está sendo estudado.
Comunicação da Pesquisa	A pesquisa em Design Science deve ser apresentada tanto para o público mais orientado à tecnologia quanto para aquele mais orientado à gestão.

Fonte: Adaptado de Hevner, March e Park (2004, p. 83).

3.1. Relevância do Problema e o Design como Artefato

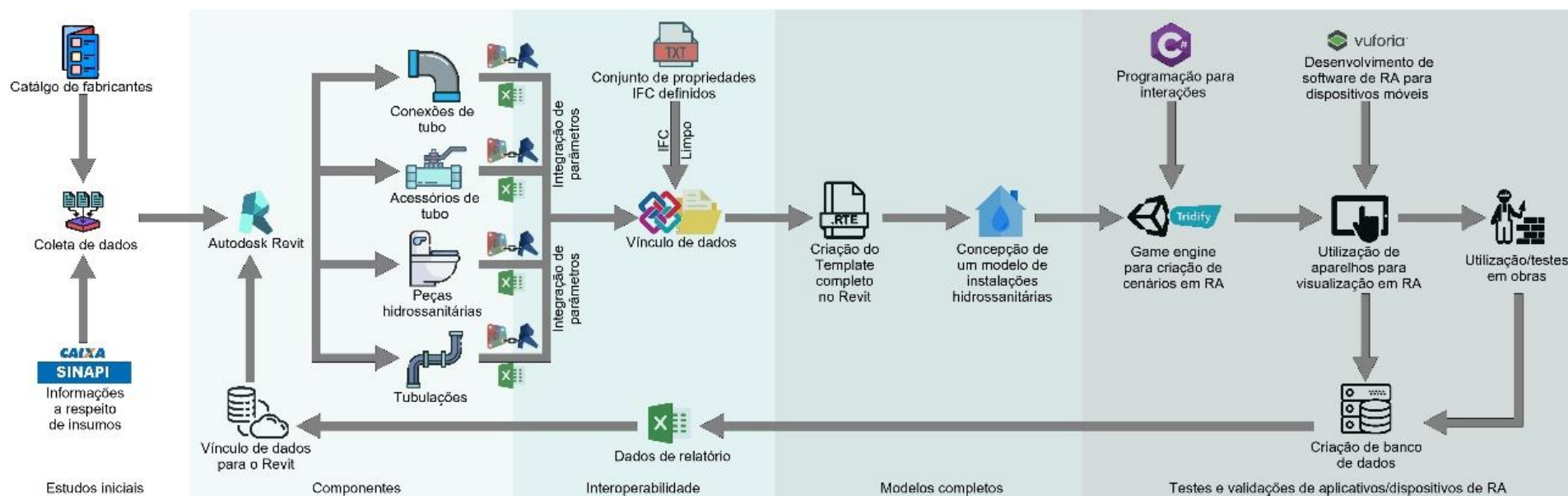
Primeiramente, através de um levantamento bibliográfico, foi verificada a relevância do problema associado a SHP e foi constatado que:

- A produção de edifícios com selos de sustentabilidade (LEED, Casa Azul, AQUA, etc) colocaram os projetos arquitetônicos e estrutural com a mesma preponderância de um projeto hidrossanitário, no quesito reuso de água, tratamento de esgoto e destinação pluvial adequada (COSTA e colab., 2015).
- As instalações hidrossanitárias impacta fortemente no atendimento às exigências associadas à ecoeficiência e à NBR 15.575 (LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016)
- Patologias relacionadas aos sistemas hidrossanitários continuam sendo um aspecto crítico no uso e operação de edificações (CUPERTINO; BRANDSTETTER, 2015).

- Cerca de 75% das patologias da construção são provenientes de problemas relacionados as instalações hidráulicas e sanitárias (IBAPE/SP, 2011). Parte significativa dos problemas é decorrente de inconsistências nos projetos ou equipamentos especificados inadequadamente (LIMA; ANDERY; VEIGA, 2016).
- Ywashima e Ilha (2010) relatam que a grande maioria dos escritórios das diversas disciplinas de projetos ainda trabalham de forma segmentada (over-the-wall) e para tornar os projetos compatíveis entre si, são realizadas diversas reuniões, as quais consomem recursos e implicam retrabalho.
- A tecnologia BIM vem convertendo a sequência linear de projetos em trabalhos simultâneos e colaborativos (EASTMAN, C. et al., 2014).
- A RA pode beneficiar toda a equipe na construção, operação e manutenção de um empreendimento possibilitando unir modelos virtuais de construção à realidade dos canteiros de obras. Aumentando a eficiência e precisão, reduzindo a ocorrência de erros e economizando tempo, dinheiro e recursos.
- Percebe-se que ainda são escassas pesquisas que se concentram na aplicação de RA e BIM para análises de informação da construção (SATO e SCHEER, 2019), tornando a RA muito mais difusa a questões visuais de arquitetura e estrutura do que as questões informativas de infraestrutura e instalações.
- O número de pesquisas destinadas ao desenvolvimento de tecnologias BIM especificadas a SHP é reduzido em relação à outras disciplinas (Staut e Ilha, 2019).
- Modelos BIM configurados em altos Níveis de Desenvolvimento auxilia no entendimento de usuários(as) de software BIM a respeito de sistemas específicos (OZCAN-DENIZ, 2016).
- O tempo e o custo na aplicação de soluções especializadas com altos Níveis de Desenvolvimento normalmente são aumentados (KENT; MILLER; FARNSWORTH, 2017). Por outro lado, esse procedimento reflete em economias nas fases de construção e gestão de um edifício (WORTMANN; TUNÇER, 2017).

Diante disso, pensou-se no desenvolvimento de um artefato que pudesse contribuir para essas questões. A ideia foi desenvolver um artefato tecnológico que permita explorar e analisar as soluções e informações de instalações hidrossanitárias a partir de RA medindo, em certo grau, o nível de entendimento, a respeito desses sistemas, por parte de profissionais de obra. Posteriormente, analisar o quanto o aplicativo pode contribuir para o processo de execução, fiscalização e manutenção de SHP's. O esquema metodológico da criação do artefato é representado pela Figura 5.

Figura 5. Representação esquemática da metodologia da etapa de criação do artefato do presente trabalho.



Fonte: Autor (2021).

3.2. Estudos iniciais

O primeiro passo para a criação do artefato foi analisar quais informações seriam importantes para ser atribuído em um componente hidrossanitários BIM. Essas informações foram coletadas a partir de catálogos de fabricantes e do sistema SINAPI da Caixa. São informações direcionadas ao entendimento de cada componentes, ou seja, dados de operação e manutenção, materiais, dimensões, função, etc. Todas essas informações foram filtradas, relacionadas à cada componente e armazenada em um banco de dados.

3.3. Componentes

O passo seguinte foi o desenvolvimento dos componentes (famílias) hidrossanitários. Dentro de um modelo do Revit foram adicionadas diversas famílias e todas elas foram alimentadas com as informações coletadas nos estudos iniciais. Todo o procedimento está descrito nos próximos tópicos.

3.3.1. Organização e classificação das famílias no Revit

O Revit se baseia em uma estrutura hierárquica de organização. Todas as famílias do Revit são classificadas em categorias e todas as categorias classificadas em disciplinas. Para trabalhar com modelagem de informação de forma eficiente, fez-se necessário organizar e estruturar todas as famílias que foram incrementadas com informações. Nesse caso, o estudo foi aplicado à Sistemas Hidrossanitários Prediais (SHP). O primeiro passo foi dividir as CATEGORIAS das famílias, escolhidas dentro dessa disciplina, que foram aprimoradas. São elas:

CATEGORIAS (definidas pelo Revit):

- Conexões de tubo
- Peças hidrossanitárias
- Acessórios de tubo
- Tubulação
- Tubulação Flexíveis
- Componentes genéricos

Dentro de cada categoria, fez-se também as divisões dos LAYERS de elementos que apresentam particularidades em comum. Dessa forma, temos:

LAYERS (definidas pelo usuário):

- Conexões de tubo
 - Conexão para Água Fria
 - Conexão para Água Quente
 - Conexão para Esgoto
 - Conexão para Pluvial
 - Conexão para Irrigação
- Peças hidrossanitárias
 - Tratamento de Esgoto
 - Inspeção

- Caixas e Ralos
- Louças
- Metais
- Acessórios de tubo
 - Registros
 - Válvulas
- Tubulações
 - Tubos de Água Fria
 - Tubos de Água Quente
 - Tubos de Esgoto
 - Tubos de Pluvial
 - Tubos de Irrigação
- Tubulação Flexíveis
 - Tubos de Irrigação
- Componentes genéricos
 - Tratamento de Esgoto

Dentro de cada layer estão os TIPOS DE FAMÍLIAS que foram alimentados de fato com informações. Chega-se então à seguinte configuração:

TIPOS DE FAMÍLIAS (criadas pelo usuário ou disponibilizadas pelo software e escolhidas pelo usuário):

- Conexões de tubo
 - Conexão para Água Fria
 -  Joelho 45° - Soldável
 -  Tê com Bucha de Latão – Soldável
 -  Bucha de Redução – Roscável
 -  Etc..
 - Conexão para Água Quente
 -  Conector Fêmea – PPR
 -  Curva de transposição – Aquatherm
 -  Luva – Aquatherm
 -  Etc..
 - Conexão para Esgoto
 -  Redução Excêntrica – Série Normal
 -  Tê_Junção – Série Reforçada
 -  Curva 90° - Série Reforçada
 -  Etc..
 - Conexão para Pluvial
 -  Redução Excêntrica – Série Normal
 -  Tê_Junção – Série Reforçada
 -  Curva 90° - Série Reforçada
 -  Etc..
 - Conexão para Irrigação
 -  Joelho 90 com Bucha de Latão – Soldável
 -  Redução – PN 40 Soldável

- ✚ Curva 45° – PN 40 Soldável
 - ✚ Etc..
- Peças hidrossanitárias
 - Tratamento de Esgoto
 - ✚ Tanque Séptico
 - ✚ Filtro Anaeróbio
 - ✚ Sumidouro
 - ✚ Etc..
 - Inspeção
 - ✚ Caixa de Gordura
 - ✚ Caixa de Inspeção
 - ✚ Caixa de Passagem Pluvial
 - ✚ Etc...
 - Caixas e Ralos
 - ✚ Caixa Sifonada
 - ✚ Ralo Linear
 - ✚ Ralo Quadrado
 - ✚ Etc.
 - Louças
 - ✚ Bacia Sanitário com Caixa de Descarga
 - ✚ Cuba de Sobrepor para Lavatório
 - ✚ Tanque para Lavar Roupas
 - ✚ Etc...
 - Metais
 - ✚ Torneira de Mesa para Lavatório
 - ✚ Torneira de Jardim
 - ✚ Torneira de Parede para Cozinha
 - ✚ Etc..
- Acessórios de tubo
 - Registros
 - ✚ Registro de Gaveta
 - ✚ Registro de Pressão
 - ✚ Registro Esfera
 - ✚ Etc...
 - Válvulas
 - ✚ Válvula de Retenção
 - ✚ Válvula de Pé com Crivo
 - ✚ Válvula Redutora de Pressão
 - ✚ Etc...
- Tubulações
 - Tubos de Água Fria
 - ✚ Tubo Soldável
 - ✚ Tubo Roscável
 - Tubos de Água Quente
 - ✚ Tubo CPVC
 - ✚ Tubo PPR

- Tubos de Esgoto
 -  Tubo Série Normal
 -  Tubo Série Reforçada
- Tubos de Pluvial
 -  Tubo Série Normal
 -  Tubo Série Reforçada
- Tubos de Irrigação
 -  Tubo Soldável
 -  Tubo PN 40 Soldável
- Componentes genéricos
 - Tratamento de Esgoto (Exemplo: aninhadas com Filtro Anaeróbio)
 -  Anel de Concreto Liso
 -  Brita N° 3
 -  Tampa de Concreto com Inspeção
 -  Etc...

Como pode-se perceber, temos elementos especiais e mais complexos que são considerados como famílias de multi-categoria. Dentro dessa situação, na disciplina de SHP, se encontra os Sistemas de Tratamento de Esgoto que são da categoria “Peças hidrossanitárias” mas suas famílias aninhadas são “Componentes genéricos”. Feita essa organização, o próximo passo foi definir os parâmetros que serão utilizados em cada família.

3.3.2. Definição de parâmetros de famílias - Model View Definition (MVD)

Todas as famílias apresentam parâmetros padrões do Revit que podem ser alimentadas com diversas informações. O problema é que nem sempre essas informações são suficientes para uma análise mais detalhada sobre um determinado esquema. Se houver, por exemplo, a necessidade de se compartilhar informações de um modelo com outros profissionais que utilizam outros softwares BIM, talvez apenas os parâmetros padrões do Revit não sejam suficientes para um estudo mais detalhado sobre o projeto em questão. Por isso, faz-se necessário criar parâmetros compartilhados para serem utilizados nas famílias e, posteriormente, repassados para outros profissionais.

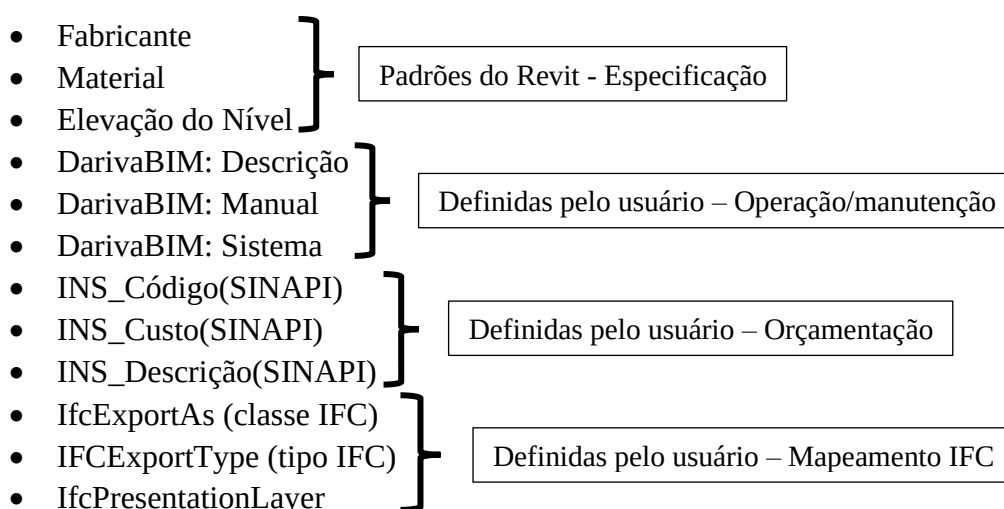
Esse método de especificação de informações necessárias e suficientes para implementar uma interoperabilidade eficiente e limpa de um modelo virtual entre diversos software BIM e profissionais é conhecido como Model View Definition (MVD). De forma resumida, essa metodologia tem como objetivo definir um subconjunto de informações do esquema IFC, que é necessário para satisfazer um ou vários requisitos de troca da indústria de AECO. Por exemplo, se um arquiteto está enviando um modelo simples para o cliente para colocá-lo dentro de um modelo de contexto urbano maior, o arquiteto não precisa enviar todos os dados de operações da modelagem e nem os atributos de objetos, mas pode enviar um modelo simples de geometria baseado em superfície com mapeamento simples de cores ou texturas.

Um outro exemplo é que um engenheiro pode enviar um modelo de SHP para outro profissional, que realizará uma compatibilização com o modelo estrutural, em um arquivo IFC que contenha apenas dados a respeito de localização, dimensões e cargas dos elementos, sem a necessidade de se preocupar com outros dados complexos como pressão nos tubos, potência de bombas, índice de remoção de matéria orgânica em tratamento de

esgoto, etc. Em cada caso, o arquiteto ou o engenheiro não precisam excluir nenhum dado antes de enviá-lo, ele apenas especifica quais dados serão enviados do seu aplicativo para o uso ideal em um aplicativo diferente. Cada caso é um caso que necessita de uma diferente aplicação do MVD.

Nesta pesquisa, a intenção foi compartilhar informações do modelo de SHP feito no Revit para o Unity, possibilitando a análise de informações a partir de RA em obras e edificações prontas, portanto, quais informações são consideradas necessárias para serem analisadas nesses ambientes? Para definir isso, o primeiro passo foi estudar quais PARÂMETROS, para cada Categoria de família, são considerados necessários nessa interoperabilidade. Em seguida foi definido os valores desses parâmetros para cada layer e/ou tipo de família.

PARÂMETROS (definidas e/ou escolhidas pelo usuário):



Definir um MVD é um passo importante, porém, é necessário que sua exportação esteja em conformidade com ele. Para isso é necessário estabelecer métodos que adicione esses parâmetros nas famílias e que filtre eles em um modelo IFC. O passo a seguir mostra como foi o procedimento de adicionar todos os parâmetros especificados em cada componente.

3.3.3. Criação de tabelas de parâmetros e valores

Para alimentar as famílias com as informações especificadas no MVD, criou-se duas tabelas no Excel para cada categoria de família, uma com os nomes dos parâmetros (Figura 6) e outra com os valores (Figura 7). Em muitos casos, a exportação de elementos do Revit para o IFC é direta e simples, e as configurações padrão fazem sentido. Porém, em alguns casos, no entanto, pode-se desejar especificar a entidade IFC à qual os elementos de uma determinada família deveriam pertencer. Isso acontece muito com as famílias da categoria “Modelo genérico” que não têm sua classe e nem tipo especificado. Por isso, dentro dessas tabelas, também foram especificadas as principais entidades IFC: IfcExportAs, IfcExportType, IfcPresentationLayer, IfcName, IfcDescription, para que seja possível, na etapa de interoperabilidade, sobrepor os valores desses parâmetros IFC por valores determinados pelo usuário. Lembrando que para as entidades “IfcExportAs” e “IfcExportType” os valores devem estar de acordo com as especificações do BuildingSMART.

Figura 6. Tabela com os nomes dos parâmetros no Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Nome dos Parâmetros Compartilhados	Nome do Grupo dos Parâmetros Compartilhados	Tipos dos Parâmetros	Grupo de Parâmetros Revit (Não entra na Rotina)	Grupo do Parâmetro BuiltIn (Entra na Rotina)	Dicas de ferramenta	É um parâmetro de Instância?	É um parâmetro de relatório?	O parâmetro varia entre grupos?
2	DarivaBIM: Produto	Informações padrões	Text	Dados	PG_DATA	Dados de identidade do elemento.	Sim	Não	Não
3	DarivaBIM: Função	Informações padrões	Text	Dados	PG_DATA	Dados de identidade do elemento.	Sim	Não	Não
4	DarivaBIM: Execução	Informações padrões	Text	Dados	PG_DATA	Dados de identidade do elemento.	Sim	Não	Não
5	INS_Código(SINAPI)	Orçamento	Text	Model Properties	PG_ADSK_MODEL_PROPERTIES	Dados orçamentários, de acordo com o sistema SINAPI, do	Sim	Não	Não
6	INS_Custo(SINAPI)	Orçamento	Number	Model Properties	PG_ADSK_MODEL_PROPERTIES	Dados orçamentários, de acordo com o sistema SINAPI, do	Sim	Não	Não
7	INS_Descrição(SINAPI)	Orçamento	Text	Model Properties	PG_ADSK_MODEL_PROPERTIES	Dados orçamentários, de acordo com o sistema SINAPI, do	Sim	Não	Não
8	IfcDescription	Parâmetros IFC	Text	IFC Parameters	PG_IFC	Dados IFC do elemento.	Sim	Não	Não
9	IfcName	Parâmetros IFC	Text	IFC Parameters	PG_IFC	Dados IFC do elemento.	Sim	Não	Não
10	IfcPresentationLayer	Parâmetros IFC	Text	IFC Parameters	PG_IFC	Dados IFC do elemento.	Sim	Não	Não
11	IfcExportAs	Parâmetros IFC	Text	IFC Parameters	PG_IFC	Dados IFC do elemento.	Sim	Não	Não

Fonte: Autor (2021).

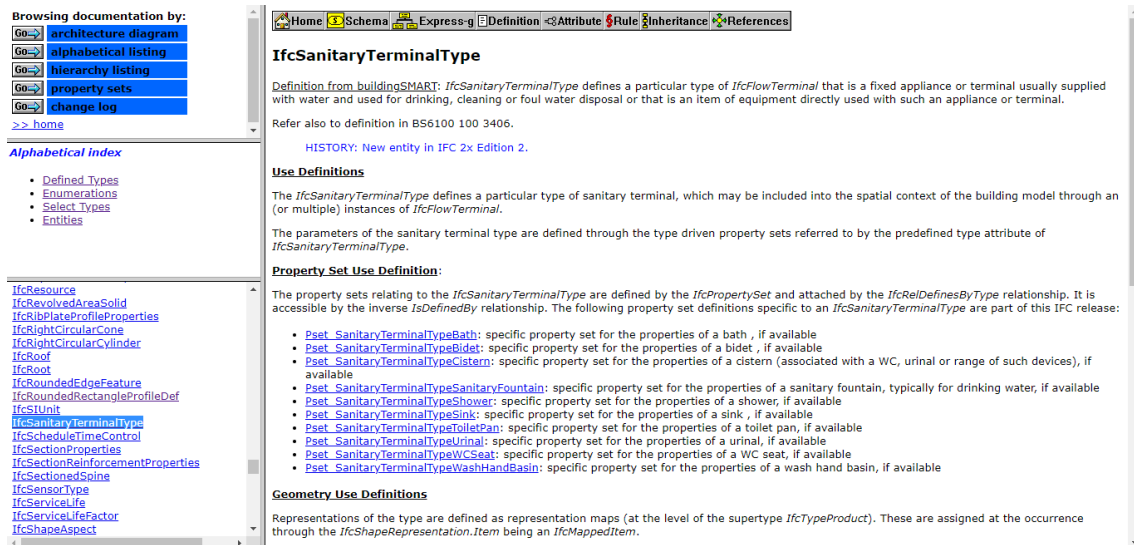
Figura 7. Tabela com os valores dos parâmetros para cada família no Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Descrição	DarivaBIM: Produto	IfcExportAs	IfcPresentationLayer	IfcDescription	IfcName	INS_Código(SINAPI)	DarivaBIM: Função	DarivaBIM: Execução
2	Adaptador com Anel - Água Fria_Soldavel - Tigre	Tigre: Descrição	"IfcPipeFitting"	"Conexões de tubo: Água Fria"	Tigre: Descrição	[INS_Descrição(SINAPI)]	if(Diâmetro Nominal = 20 mm, "95", if(Diâmetro Nominal = 25 mm, "96", if(Diâmetro Nominal =	"Adaptador soldável curto em PVC com e rosca para registro para aplicação em instalações hidráulicas de água fria e	"• As conexões devem ser soldadas com adesivo plástico apropriado, após lixamento com lixa d'água e limpeza com solução
3	Adaptador Curto com Bolsa e Rosca - Água Fria_Soldavel - MEP - Tigre	Tigre: Descrição	"IfcPipeFitting"	"Conexões de tubo: Água Fria"	Tigre: Descrição	[INS_Descrição(SINAPI)]	if(and(Diâmetro Nominal 1 = 20 mm, Diâmetro Nominal 2 = 20 mm), "107", if(and(Diâmetro	"Adaptador Curto com Bolsa e Rosca em PVC com e rosca para registro para aplicação em instalações hidráulicas de	"• As conexões devem ser soldadas com adesivo plástico apropriado, após lixamento com lixa d'água e limpeza com solução
4	Adaptador Soldavel com Anel p Caixa Dagua - Fortlev - AleBim	Tigre: Descrição	"IfcPipeFitting"	"Conexões de tubo: Água Fria"	Tigre: Descrição	[INS_Descrição(SINAPI)]	if(Diâmetro Nominal = 20 mm, "95", if(Diâmetro Nominal = 25 mm, "96", if(Diâmetro Nominal =	"Adaptador Soldavel com Anel p Caixa Dagua em PVC com e rosca para registro para aplicação em instalações	"• As conexões devem ser soldadas com adesivo plástico apropriado, após lixamento com lixa d'água e limpeza com solução
5	Bucha de Reducao Curta - Água Fria_Soldavel - MEP - Tigre	Tigre: Descrição	"IfcPipeFitting"	"Conexões de tubo: Água Fria"	Tigre: Descrição	[INS_Descrição(SINAPI)]	if(or(and(Diâmetro Nominal 1 = 25 mm, Diâmetro Nominal 2 = 20 mm), and(Diâmetro Nominal 1 = 20 mm,	"Bucha soldável de PVC com redução para aplicação em instalações hidráulicas de água fria e com ligação das peças do	"• As conexões devem ser soldadas com adesivo plástico apropriado, após lixamento com lixa d'água e limpeza com solução
6	Bucha de Reducao						if(or(and(Diâmetro Nominal 1 = 25 mm,	"Bucha de Reducao	"• As conexões devem ser soldadas com adesivo

Fonte: Autor (2021).

No site da buindingSMART é possível analisar todas as classes IFC existentes e, clicando sobre a classe, é possível analisar definições a respeito dela e até os tipos que essa classe suporta. Na Figura 8, por exemplo, é possível visualizar informações a respeito da classe **IfcSanitaryTerminalType**, que pode ser aplicado a elementos da categoria **Peças hidrossanitárias** do Revit.

Figura 8. Dados a respeito da classe IfcSanitaryTerminalType no site da buindingSMART.



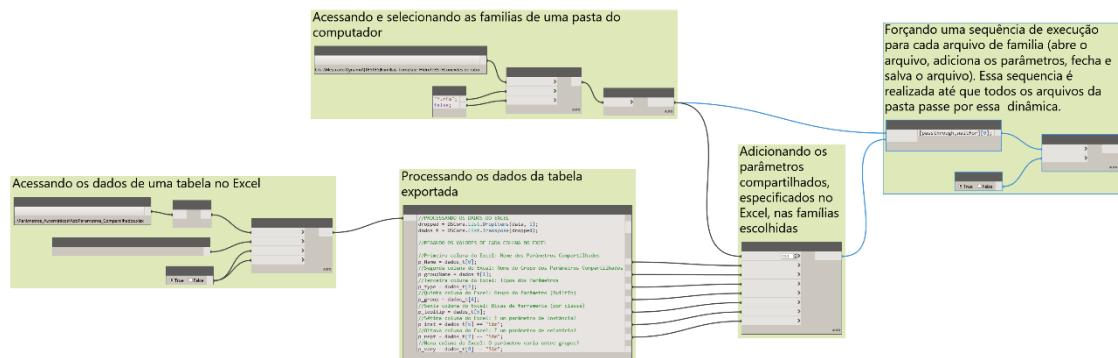
Fonte: Autor (2021).

3.3.4. Vinculação de dados em famílias com rotinas no Dynamo

Feito o agrupamento e classificação dos parâmetros e valores de cada categoria de família do Revit em tabelas no Excel, faz-se necessário criar um método para alimentar essas famílias com essas informações. Neste trabalho foram criadas rotinas no Dynamo para automatizar a vinculação desses dados às famílias. O procedimento ocorreu da seguinte forma:

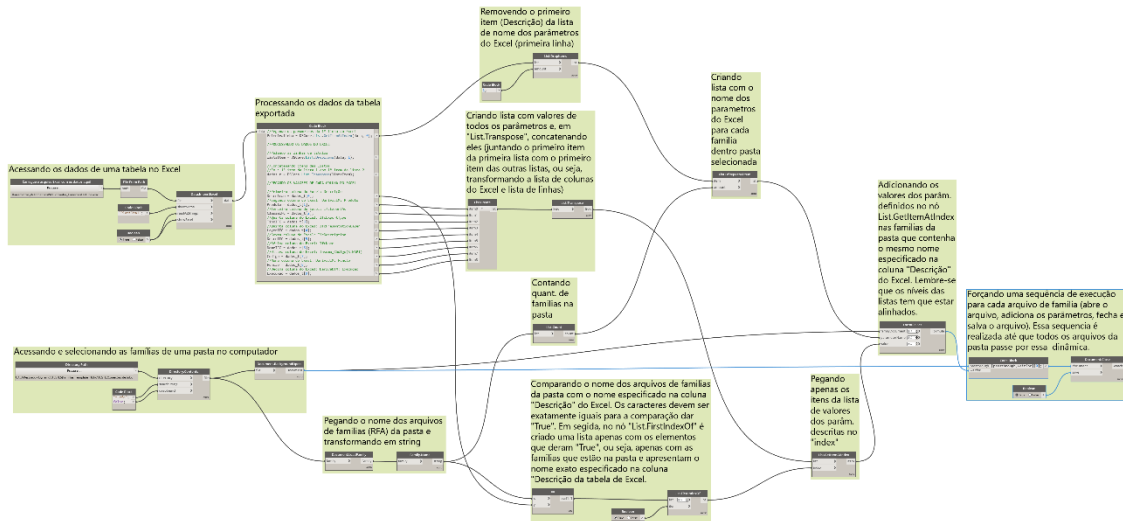
- Criação das rotinas no Dynamo: Trabalhou-se na criação de uma rotina que pudesse adicionar todos os parâmetros nas famílias automaticamente (Figura 9) e em outra que pudesse alimentar esses parâmetros com informações (Figura 10).

Figura 9. Estrutura da rotina no Dynamo para adicionar os parâmetros especificados na tabela do Excel em determinadas famílias automaticamente.



Fonte: Autor (2021).

Figura 10. Estrutura da rotina no Dynamo para adicionar os valores dos parâmetros especificados na tabela do Excel em determinada categoria de famílias automaticamente.



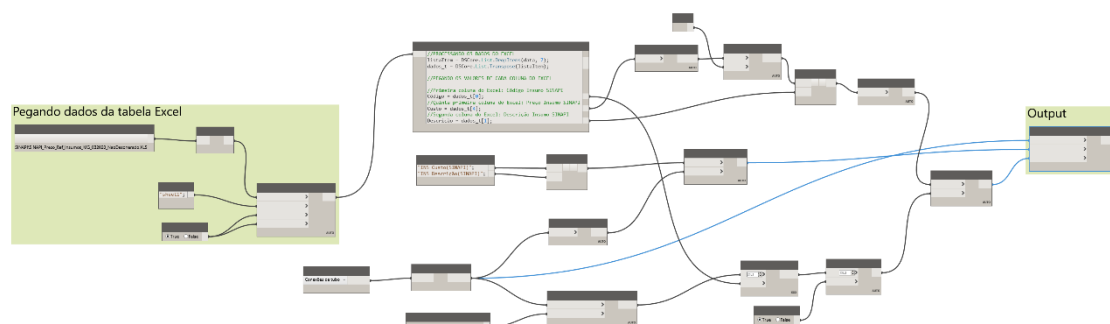
Fonte: Autor (2021).

- Pastas de famílias carregáveis (arquivos RFA): Todas as famílias carregáveis de elementos hidrossanitários do modelo de projeto no Revit foram salvas em pastas separadas por categorias.
- Execução da rotina no Dynamo: Em seguida executou-se primeiramente a rotina de adicionar os parâmetros nas famílias localizadas nas pastas e depois a de alimentar com informações para adicionar os valores definidos nesses parâmetros, tudo de acordo com as tabelas do Excel.
- Carregamento das famílias novamente no Revit: Por fim as famílias foram recarregadas novamente no modelo de projeto do Revit.

3.3.5. Vinculação de parâmetros orçamentários

Neste trabalho, achou-se necessário vincular parâmetros orçamentários às famílias. Esses parâmetros foram estabelecidos com referência ao sistema SINAPI da Caixa. Para vincular o preço do sistema à cada componente, trabalhou-se na criação de uma rotina (Figura 11) que pudesse analisar o código (estabelecido como um parâmetro chamado “INS_Código(SINAPI)” no tópico passado) de todas as peças de determinada categoria no modelo de projeto do Revit e relacionasse com o código presente na tabela SINAPI. A ideia é adicionar o preço da tabela SINAPI nos componentes que apresentem o valor do parâmetro “INS_Código(SINAPI)” igual ao valor do componente na tabela. Quando o valor do código da família e da tabela são iguais, o preço daquele item na tabela é computado na família.

Figura 11. Estrutura da rotina no Dynamo para adicionar o preço de todas os componentes hidrossanitários presentes no modelo de forma automática de acordo com o sistema SINAPI.



Fonte: Autor (2021).

Essa rotina foi executada dentro do modelo de projeto do Revit e após as famílias serem incrementadas com dados e carregadas novamente no modelo no procedimento anterior. Sempre que for necessário atualizar o valor do parâmetro de preço de cada família, a rotina pode ser executada novamente com uma tabela atualizada.

3.4. Interoperabilidade

Como dito anteriormente, em muitos casos, as configurações padrão de exportação de elementos do Revit para o IFC é direta, simples e fazem sentido. Porém existem casos que é necessário especificar a entidade IFC à qual os elementos de uma determinada família deveriam pertencer, principalmente quando se trata de elementos de SHP, onde o padrão do Revit cobre poucos cenários. Por isso foram atribuídos parâmetros IFC em todas as famílias hidrossanitárias do modelo de projeto, para que seja possível realizar o mapeamento dessas instâncias de forma direta e rápida. O mapeamento IFC define com qual classe e tipo IFC o elemento será reconhecido em outros softwares. Se trata de um método muito importante para compartilhar informações precisas e corretas a respeito de cada componente de um modelo BIM e como eles vão se comportar em outros aplicativos.

Nesta etapa optou-se por criar um método de interoperabilidade limpo, onde a foi compartilhado do Revit para o Unity apenas as informações consideradas necessárias para cada caso de aplicação especificado neste trabalho. Este método faz com que o arquivo IFC seja mais leve e apresente menos poluição de informações. Cada software necessita de um procedimento diferente para a exportação limpa de um modelo IFC e como neste trabalho foi utilizado o Revit da Autodesk, a metodologia se deu com a criação de um arquivo de texto, pois o exportador IFC usa um arquivo de texto para mapear categorias e subcategorias para entidades IFC. Isso significa que todos os parâmetros de uma família, por exemplo, são especificados nesse arquivo de texto. Mas a questão é: pode-se controlar através de um arquivo de texto quais os parâmetros que serão exportados para IFC. Ou seja, é possível controlar a quantidade de informação que será compartilhada. A Figura 12 mostra o arquivo de texto utilizado nesse procedimento.

Figura 12. Documento TXT utilizado para controlar os parâmetros exportados para IFC.

ParâmetrosIFC_Unity - Final - Bloco de notas

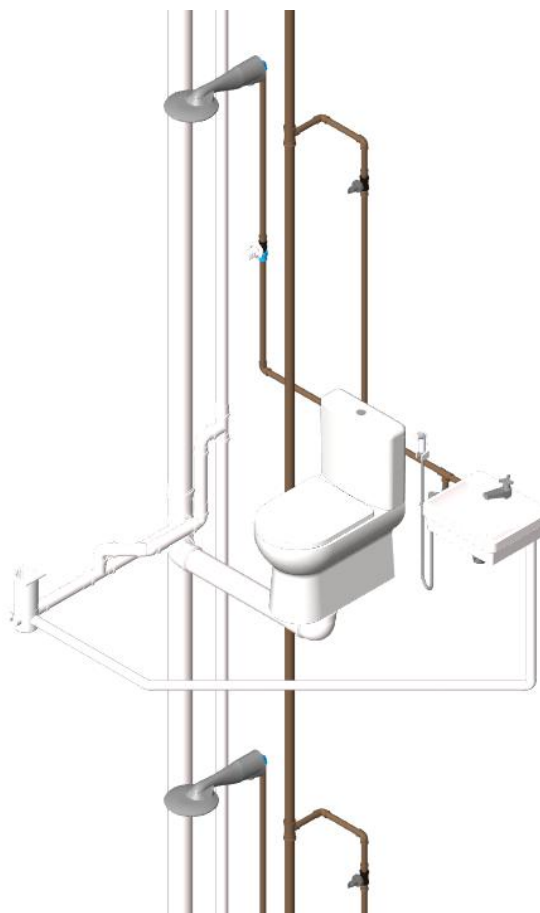
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
PropertySet:	DarivaBIM	I	IfcElement	
Produto	Text	DarivaBIM: Descrição		
Tamanho	Text	Tamanho		
Sistem	Text	Tipo de sistema		
Execução	Text	DarivaBIM: Execução		
Comprimento	Real	Comprimento		
Cota inicial	Real	Iniciar elevação intermediária		
Cota final	Real	Encerrar elevação intermediária		
Elevação do nível	Real	Elevação do nível		
Nível	Text	Nível		
Nível de referência	Text	Nível de referência		
Nível de tabela	Text	Nível de tabela		
Categoria	Text	Categoria		
Tipo de sistema	Text	DarivaBIM: Tipo de sistema		
Manual	Text	DarivaBIM: Manual		
ManualTIPO	Text	URL		
Descrição	Text	Descrição		
Custo	Real	INS_Custo(SINAPI)		

Fonte: Autor (2021).

3.5. Modelos completos

Definido os parâmetros no MVD, feito o mapeamento IFC e configurado o arquivo de texto para uma exportação limpa, o próximo passo foi salvar o modelo como um modelo de projetos (template) para iniciar a concepção dos SHP das obras onde realizou-se as aplicações. A Figura 13 demonstra um modelo criado para umas das aplicações.

Figura 13. Modelo hidrossanitário feito no Revit utilizado em uma das obras visitadas.



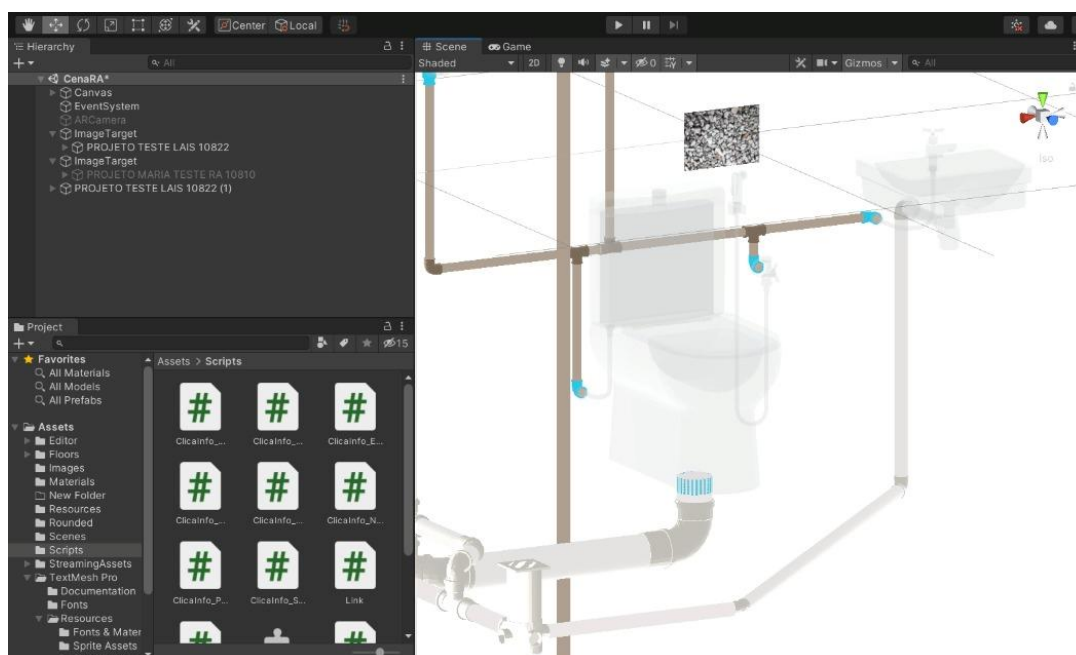
Fonte: Autor (2021).

3.6. Teste e validação dos aplicativos/dispositivos de RA

Com o modelo teste finalizado, o artefato desenvolvido utilizou um sistema Realidade Aumentada simples baseado em marcadores que captura e reconhece uma posição do marcador e, em seguida, exibe o modelo virtual da obra sobreposto às imagens da câmera ao vivo em uma tela bidimensional. Para reconhecer o marcador e exibir o modelo virtual, construiu-se um software usando o motor de jogos Unity (Unity Technologies), o plugin Tridify (Tridify Ltd.) e o kit de desenvolvimento de software (SDK) de realidade aumentada da Vuforia (PTC Inc.) para o Unity. O plugin Tridify, consiste em uma plataforma online de compartilhamento de modelos BIM em extensão IFC. O plugin permite a importação de modelos IFC para o Unity, incluindo não somente a geometria, mas também as informações vinculadas ao modelo. O SDK do Vuforia foi selecionado devido à sua capacidade de reconhecer marcadores fixos com precisão. Os scripts que controlam a seleção de peças individuais e consequente exibição das informações BIM na tela foram escritos usando a linguagem de programação C# no IDE (Integrated Development Environment - Ambiente de Desenvolvimento Integrado) Visual Studio (Microsoft Inc.).

Quando importado no motor de jogos Unity, o modelo BIM passa por um tratamento, no qual são adicionados colidores e scripts de controle que permitem a seleção de cada peça individual. Além disso, são adicionados novos materiais e sombras para a renderização dos objetos, de maneira a tornar o projeto o mais legível possível para o usuário. Por fim, o marcador é então posicionado no ponto específico na cena virtual, que corresponderá à localização do marcador impresso no espaço real. A Figura 14 mostra o resultado desse processo dentro do Unity. Com relação aos marcadores, foram utilizados os marcadores padrões recomendados na documentação do SDK Vuforia (PTC Inc.). Imagens de alta resolução com contrastes e pontos marcantes (Figura 15).

Figura 14. Modelo hidrossanitário com marcador locado após tratamento no Unity.



Fonte: Autor (2021).

Figura 15. Exemplo de marcador recomendados na documentação do SDK Vuforia.



Fonte: Autor (2021).

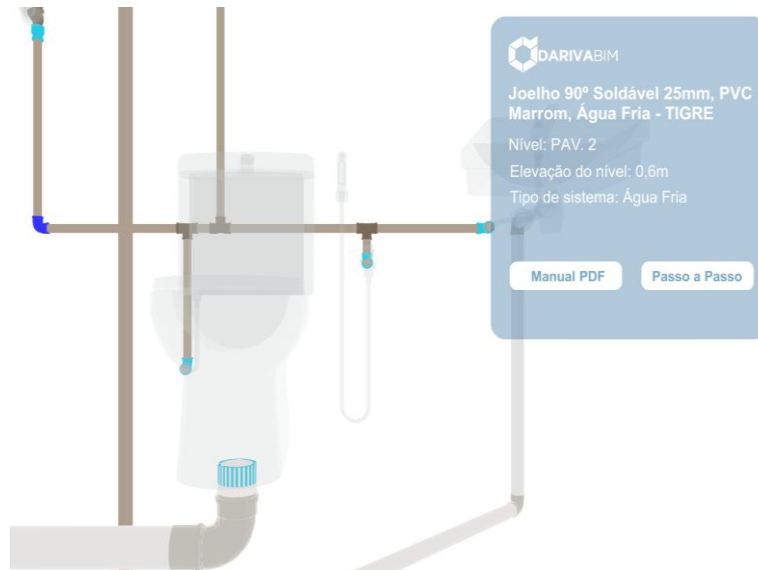
Dentro do Unity a intenção foi programar um método no qual a análise de informações dos componentes BIM em Realidade Aumentada. Para esse método foi necessário desenvolver códigos em C# (Figura 16), que tinham como função filtrar as informações dos componentes e exibi-los na tela assim que selecionados pelo usuário. Cada parâmetro exibido na tela corresponde a um script. Por exemplo, *ClicaInfo_Nivel* exibe o nível/pavimento em que se encontra o elemento, já o *ClicaInfo_Manual* fornece o url/link da ficha técnica do elemento fornecida pelo fabricante. Esses códigos foram direcionados aos objetos presentes no modelo e com isso foi possível fazer os testes preliminares com o aplicativo ativado. O resultado pode ser visualizado nas Figuras 17.

Figura 16. Parte da estrutura da programação feita em C# para fazer com que os valores dos parâmetros de um elemento apareçam na tela no momento em que é selecionado no Unity.

```
1 using UnityEngine;
2 using UnityEngine.UI;
3 using Tridify;
4 using System.Linq;
5
6 public class ClicaInfo_Nivel : MonoBehaviour
7 {
8     public GameObject Elemento;
9     public Text texto_padrao;
10    public string texto_da_interface;
11
12    void Start()
13    {
14        texto_da_interface = "";
15    }
16
17    void Update()
18    {
19        texto_padrao.text = texto_da_interface;
20
21        if (Input.GetMouseButtonDown(0))
22        {
23            Ray raio = Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);
24            RaycastHit hit;
25            if (Physics.Raycast(raio, out hit))
26            {
27                Elemento = hit.transform.gameObject;
28
29                var ifcType = Elemento.GetComponent<IfcPropertySet>();
30
31                if (ifcType != null)
32                {
33                    var categoryType = ifcType.Attributes.Select(attr => attr.Name + ": " + attr.Value).Where(attr => attr.Contains("Categoria")).First();
34
35
36                    if (categoryType.Contains("Tubulação"))
37                    {
38                        var attributeNivel = ifcType.Attributes.Where(attr => attr.Name.Contains("Nível de referência")).Select(attr => attr.Value).First();
39                        texto_da_interface = attributeNivel.ToString();
40                    }
41                }
42            }
43        }
44    }
45 }
```

Fonte: Autor (2021).

Figura 17. Resultado do modelo hidrossanitário virtual em modo play na Unity.



Fonte: Autor (2021).

3.7. Avaliação e Contribuição do Design

A metodologia na etapa de avaliação e contribuição do artefato se baseia no conjunto de métodos apresentados por Groat & Wang (2002) quando se trata de pesquisa qualitativa e exploratória, como é o caso do presente trabalho. As etapas foram divididas em aplicação, cenário, questionário e avaliação. Na etapa de aplicação, foi utilizado um tablet para poder executar o aplicativo de RA desenvolvido e utilizar todos os recursos planejados. Em seguida agendou-se visitas em 3 obras (cenário) diferentes a fim de se testar o artefato, onde um marcador era adicionado na parede hidráulica e o tablet era mirado nesse marcador para todo sistema hidrossanitário virtual ser reproduzido naquela parede. A Figura 18 demonstra como ocorria essa aplicação na obra.

Figura 18. Modelo hidrossanitário virtual sobreposto ao modelo real da obra.



Fonte: Autor (2021).

A redução científica realizada trabalhou com uma abordagem holística das nossas amostras, de forma a interpretar os resultados em cenários naturais, sem os extrair dos seus contextos. Com base na lógica indutiva que assume a influência das ferramentas de RA para execução de sistemas hidrossanitários, foram formuladas hipóteses, considerando as limitações do nosso método científico. Porém, embora cuidadoso na generalização dos resultados, o contato prolongado com as amostras permitiu identificar características comuns e específicas. Após testes em obras, as inferências apresentadas neste artigo são resultados de análises de questionários e avaliações do artefato desenvolvido, a estratégia experimental qualitativa foi utilizada nessa análise. O questionário foi elaborado e distribuído a 47 profissionais de 3 obras diferentes a fim de avaliar seu ponto de vista sobre os sistemas hidrossanitários de acordo com seu histórico de processo de construção e tipos de projetos utilizados. Analisou-se dois tipos de projetos utilizados para construção:

1. Projetos concebidos utilizando apenas tecnologia de *Computer Aided Design and Drafting* (CADD), que representam softwares que se limitam apenas a representações gráficas de projetos;
2. Projeto concebidos com tecnologia de *Building Information Modelling* (BIM), que representam softwares que, além de representações gráficas, possibilitam desenvolver modelos tridimensionais associados a informações e análises construtivos de todas as fases de uma obra.

Portanto, para fazer essa divisão de profissionais, a primeira pergunta era "Com que tipo de projeto você executa o sistema hidrossanitário de uma edificação?". Dos 47 profissionais entrevistados, 32 (76,19%) responderam que utilizam pranchas de projetos feitos em CADD e 15 (31,91%) responderam que utilizam modelos virtuais feitos em BIM.

As próximas 4 perguntas tiveram a seguinte configuração:

2ª pergunta: Como você classifica o grau de dificuldade de se executar um sistema hidrossanitário com o tipo de projeto que você utiliza em obra?

3ª pergunta: Quais são as maiores dificuldades encontradas por você na execução de um sistema hidrossanitário?

4ª pergunta: Quanto essas dificuldades podem afetar em mudanças no projeto hidrossanitário no momento da execução?

5ª pergunta: Essas mudanças podem comprometer a eficiência, gerar gastos desnecessários, retrabalho e causar problemas como baixa pressão, retorno de mau cheiro, retorno de espumas, entupimentos, retrabalhos, uso inadequado, vazamentos, infiltrações, etc?

Após isso, os profissionais tiveram contato com o artefato desenvolvido e em seguida foi repassado um novo questionário com 3 perguntas:

6ª pergunta: Utilizando o aplicativo de RA para instalações hidrossanitárias, como você classifica o grau de dificuldade de se executar um sistema hidrossanitário?

7ª pergunta: Como você classifica o Nível de Detalhe e de Informação verificadas no aplicativo?

8ª pergunta: O aplicativo contribui de alguma forma para a execução e análise de qualidade do sistema hidrossanitário?

O objetivo foi medir se a utilização de tecnologia RA associada ao BIM para análise de informações pode contribuir para a execução de sistemas hidrossanitários em obras. Por meio da análise das respostas ao questionário, pudemos tirar algumas conclusões sobre essa hipótese. Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos na próxima seção (RESULTADOS E DISCUSSÕES) e devem ser interpretados com cautela, evitando generalizações, pois são possibilidades de interpretações dentro de um universo.

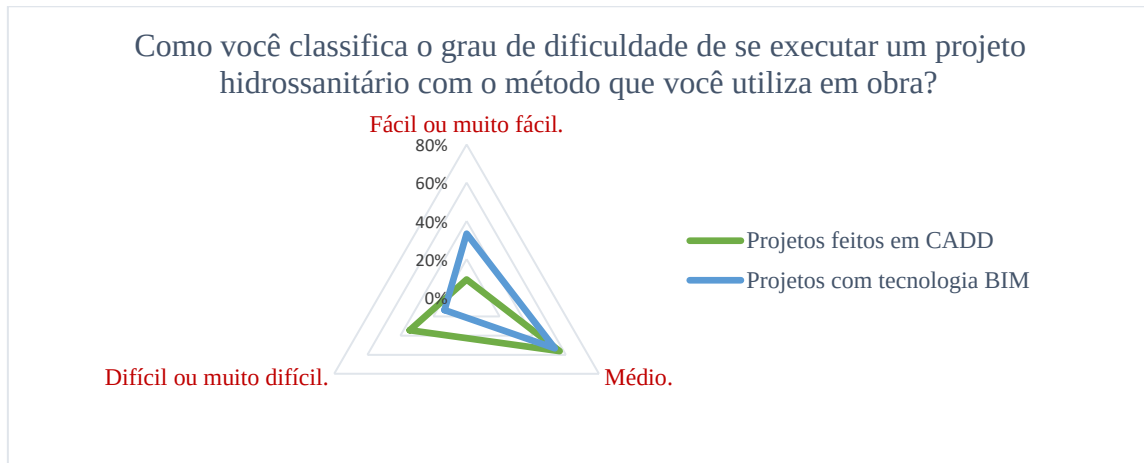
3.8. Processo de Pesquisa e Comunicação

Para comunicação da pesquisa e acesso ao artefato desenvolvido, foi criado o site www.darivabim.com onde qualquer profissional da área de AECO pode fazer o download do material. O processo é especificado no mesmo site e no YouTube no canal “DarivaBIM”. Foram extraídos deste trabalho também artigos para publicações em revistas e conferências.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

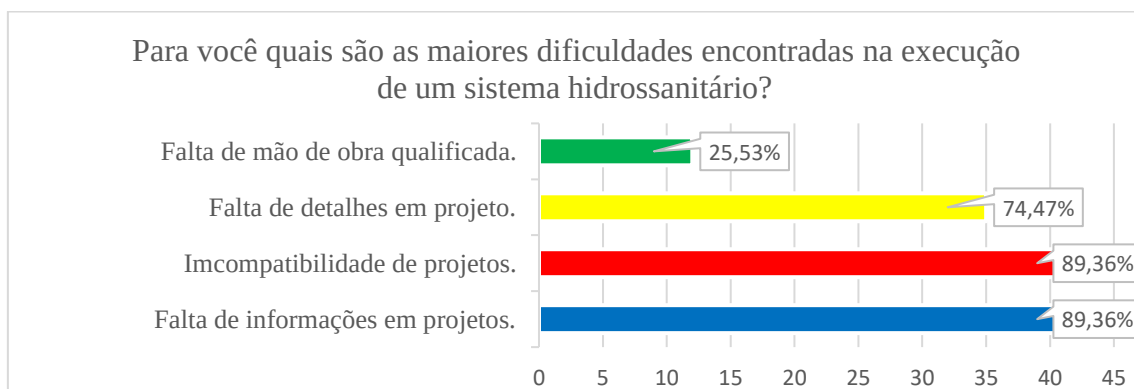
Para uma análise mais aprofundada dos resultados, gerou-se gráficos estabelecendo algumas relações e diferenças entre as respostas dos usuários para cada pergunta do questionário. Essas relações podem ser verificadas abaixo (Figuras 19 a 25).

Figura 19. Respostas da 2ª pergunta do questionário.



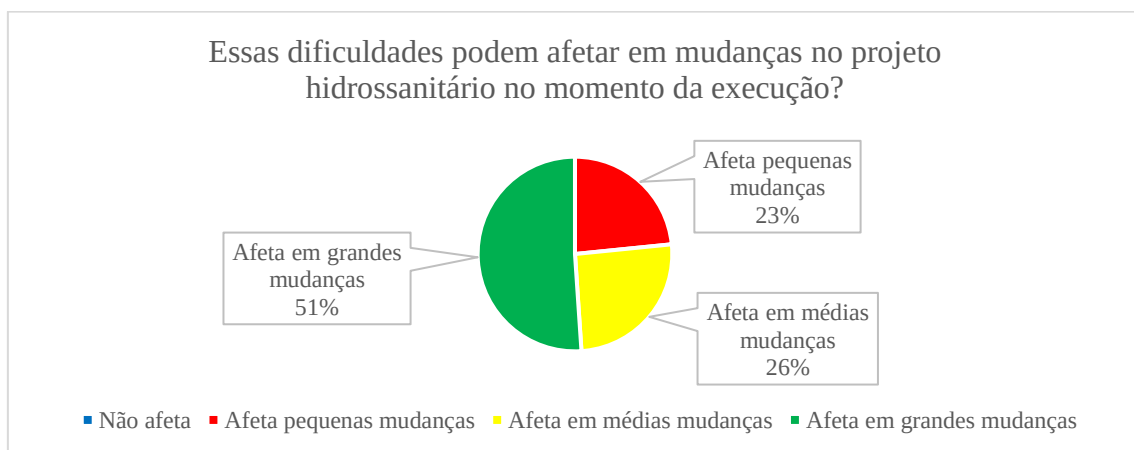
Fonte: Autor (2021).

Figura 20. Respostas da 3ª pergunta do questionário.



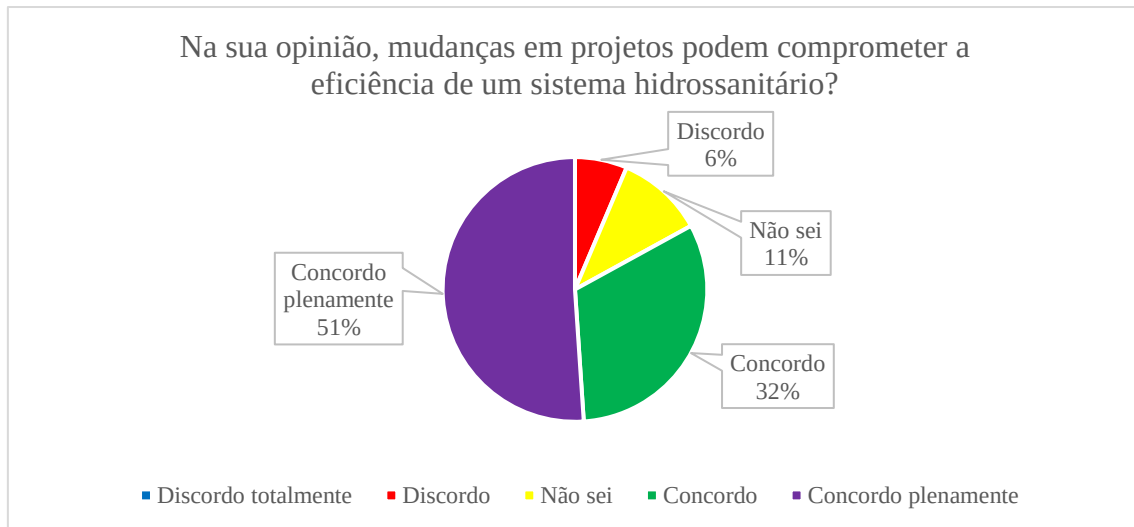
Fonte: Autor (2021).

Figura 21. Respostas da 4ª pergunta do questionário.



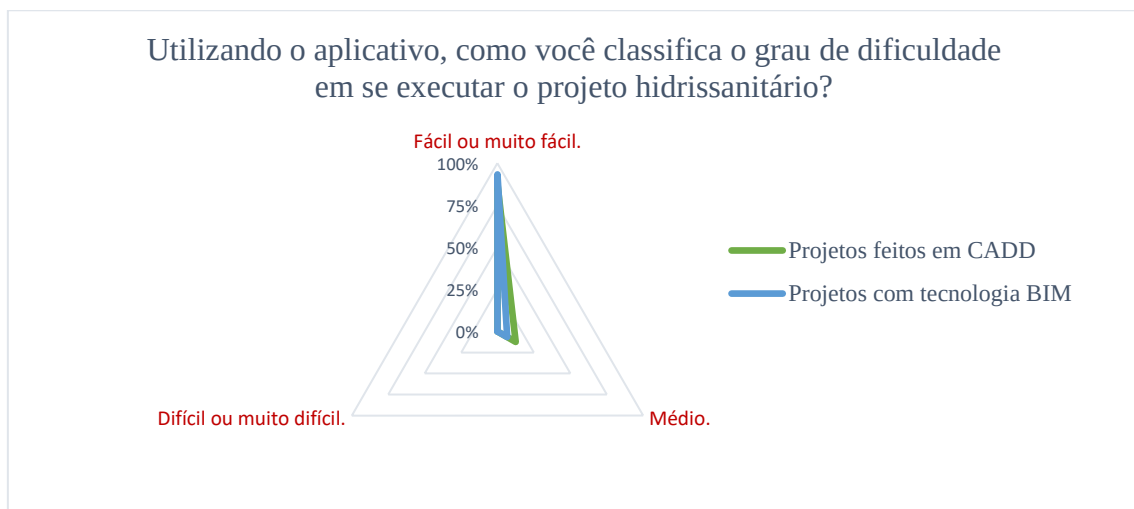
Fonte: Autor (2021).

Figura 22. Respostas da 5ª pergunta do questionário.



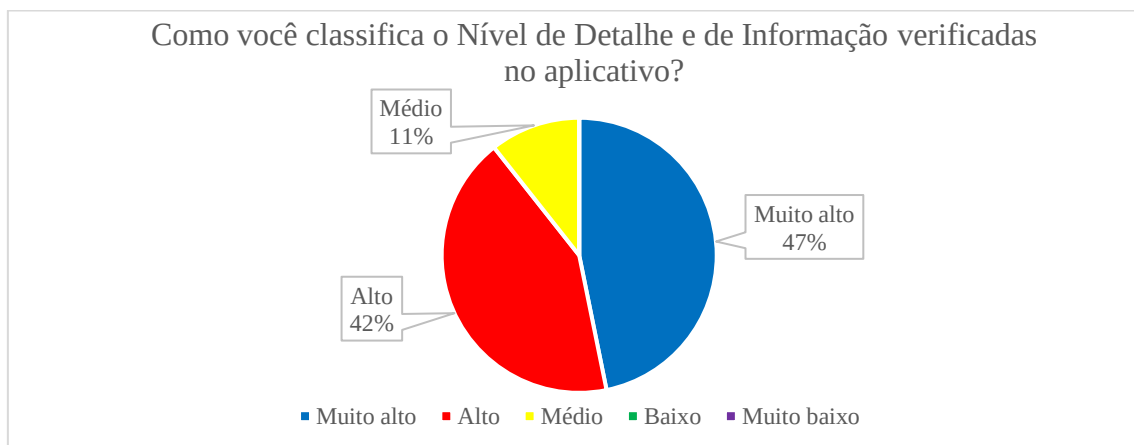
Fonte: Autor (2021).

Figura 23. Respostas da 6ª pergunta do questionário.



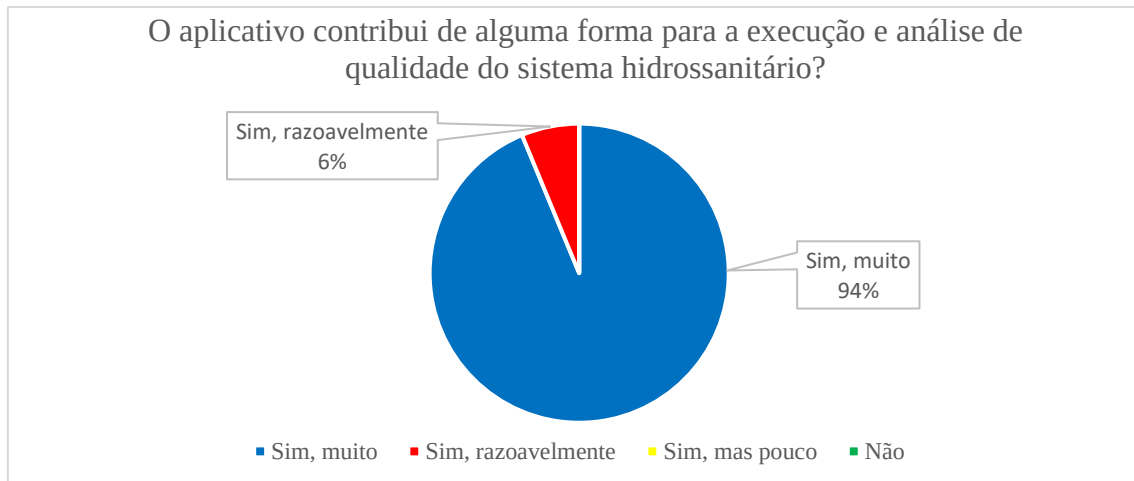
Fonte: Autor (2021).

Figura 24. Respostas da 7ª pergunta do questionário.



Fonte: Autor (2021).

Figura 25. Respostas da 8ª pergunta do questionário.



Fonte: Autor (2021).

4.1. Execução de SHP's no cenário atual

Quando se trata de Projetos Hidrossanitários concebidos utilizando softwares CADD, normalmente as disciplinas de água fria/quente e esgoto/pluvial, por exemplo, são elaboradas separadamente, com grandes chances de existir incompatibilidades entre os sistemas. Outra observação é que é habitual a utilização de blocos pré-estabelecidos para representação de componentes de projeto como forma de aumentar a produtividade. Isso acontece devido ao fato de se demandar muito tempo para se estabelecer uma concepção mais fiel dos componentes desses sistemas por meio de representações gráficas (BATOG, 2014). Naturalmente, esse não é o método mais adequado para a representação dos componentes de um sistema hidrossanitário, já que cada empreendimento tem suas particularidades e devem ser analisadas individualmente. Esses fatores podem estar relacionados ao fato de a maioria dos profissionais que utilizam projetos hidrossanitário feitos em CADD terem respondido que acham de médio a muito difícil executar esses sistemas em obra, na 2ª pergunta.

Por outro lado, analisando ainda as respostas da 2ª pergunta, os profissionais que executam os sistemas hidrossanitários utilizando projetos feitos em softwares BIM, percebe-se que essa tendência já passa a ser de médio a muito fácil. Isso pode estar relacionado ao fato de que um software BIM permite criar componentes para representação de projetos, acomodando suas características e estabelecendo parâmetros que respeitem normas e padrões do mercado. Com isso, existe a possibilidade de associar informações à modelos virtuais de sistemas hidrossanitários, viabilizando a escolha, como em um catálogo de opções, por parte dos profissionais, de determinados sistemas. Ainda em um software BIM é possível criar componentes e alimentá-los com diversos tipos de informações. Essas informações podem ou não serem consideradas suficientes por profissionais para a perfeita caracterização de um sistema em uma obra. Esse fator está ligado diretamente ao Nível de Desenvolvimento de um modelo virtual. Quando um profissional considera o LOD de um modelo BIM muito alto, isso indica que, para ele, aquele modelo apresenta todos os detalhes e informações necessários para a orçamentação, construção, operação e manutenção de uma determinada concepção.

Fazendo uma avaliação ainda das respostas da 3ª pergunta percebe-se que a maioria dos profissionais consideram que as maiores dificuldades em se executar um projeto

hidrossanitário em obras é a “incompatibilidade em projetos” e a “falta de informação em projetos” e em segundo lugar vem “a falta de detalhes em projetos”. Isso demonstra que, de fato, O Nível de Desenvolvimento de um projeto está diretamente relacionado à dificuldade de se executar um projeto em obra. Projetos que apresentam um alto Nível de Informação, com instruções de como executar um sistema em campo, detalhes de materiais, cotas bem definidas e um alto Nível de Detalhe, erros em obras tendem a diminuir (CROTTY, 2013). Ou seja, se por um lado alimentar um modelo BIM com informações demanda tempo e custos adicionais, por outro gera retorno econômico na obra e evita erros de concepção, garantindo mais eficiência e funcionalidade dos sistemas.

Analisando as respostas da 4ª pergunta, percebemos ainda que todos os profissionais avaliados concordam que as dificuldades citadas anteriormente afetam em mudanças na hora da concepção de projeto, sendo que a maioria respondeu que afeta em grandes mudanças. Segundo Ensafi, Harode e Thabet (2022) essas mudanças geralmente não atendem às necessidades de gerenciamento das instalações e ainda comprometem manutenções futuras da edificação, já que o modelo final de projeto (as-built) não atenderá o que foi construído na obra. Modelos as-built devem ser configurados para fornecer operação crítica necessária e informações de manutenção, resolver desafios operacionais e melhorar a segurança e eficiência das instalações. Esse é um processo mais exaustivo quando se trabalha com software CADD, pois demanda maior tempo em configurações gráficas e detalhes informativos quando comparados com software BIM, onde pode-se associar informações à modelos, automatizando processos de documentação com dados completos e precisos. Com as respostas da 5ª pergunta fica ainda mais claro esses fatores, onde a grande maioria dos profissionais concordam que essas mudanças comprometem a eficiência dos sistemas hidrossanitários.

4.2. Utilização de RA + BIM no processo de construção de SHP's

A possibilidade de integração de informações dentro de software BIM permite extrair qualquer parâmetro presente em uma família e computá-las em tabelas, listas, detalhes, etc. Porém, o método de integração de informações muitas das vezes deve ser feita pelo(a) usuário(a) do software de acordo com as preferências dele(a), mesmo que muitos softwares ou templates já estabeleçam uma predefinição para essas automatizações. Se o(a) usuário(a) não desenvolver uma metodologia assertiva em relação às informações presentes nos componentes, pode-se gerar detalhamentos incoerentes em relação ao projeto. Cada caso exige um método diferente de integração de informação e neste trabalho foi apresentado um procedimento complexo para realizar essa integração dentro dos componentes de um template.

Neste trabalho as informações estabelecidas nos componentes permitiam que o(a) usuário(a) possa verificar do que se trata cada parâmetro criado e como ele pode ser computado em tabelas e detalhamentos. A intenção foi orientar o(a) usuário(a) a estabelecer um detalhamento de acordo com o projeto que ele(a) esteja trabalhando, extraindo as informações que ele(a) deseja extrair. Todas essas informações foram pensadas no momento de se estabelecer um MVD e adicionadas em todas as famílias, como visto anteriormente na metodologia deste trabalho. Isso representa uma exploração mais profunda das ferramentas BIM. Por exemplo, enquanto que em softwares aplicados apenas à desenhos (Computer-Aided Design & Drafting – CADD) temos apenas representações gráficas dos elementos de um projeto, o BIM abrange, além das representações gráficas, as relações espaciais, análises construtivas e geometria dos elementos, informações de materiais, fabricantes, etc. A Figura 26 demonstra um

exemplo aplicado a um sumidouro circular de como a integração das informações se comporta dentro das famílias e como elas foram pensadas.

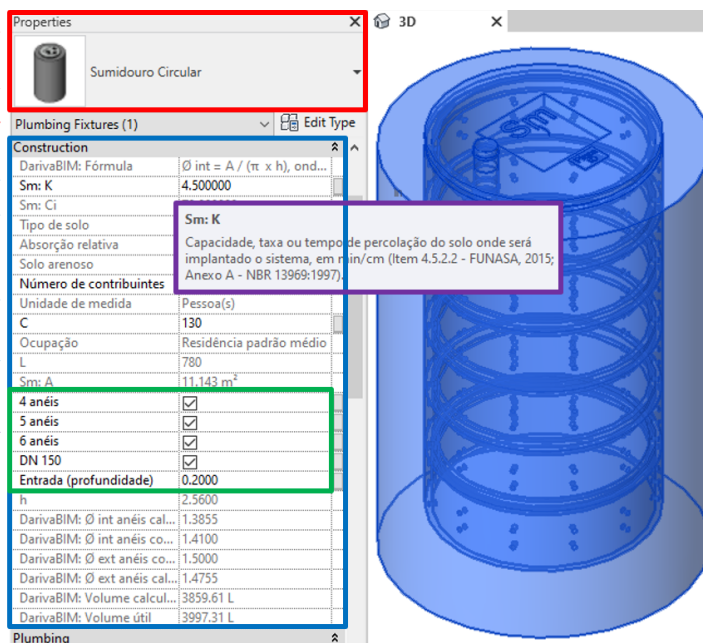
Figura 26. Algumas informações sobre como as famílias do template foram configuradas.

Cada família foi nomeada e configurada de acordo com materiais didáticos e normas. Foram utilizados catálogo de fabricantes e tabelas do Sistema SINAPI da Caixa também.

No grupo de parâmetros “Construção” estão disponíveis os parâmetros de dimensionamento dos sistemas de acordo com as NBR’s. Com base em dados como “número de pessoas” ou “contribuição de despejos”, o equipamento é dimensionado automaticamente respeitando os padrões comerciais.

Posicionando o cursor do mouse em algum parâmetro, é possível analisar informações adicionais.

Parâmetros construtivos como “número de anéis de concreto” ou “diâmetros dos tubos” também podem ser modificados, permitindo o estudo de diversas possibilidades.



Fonte: Autor (2021).

O método de interoperabilidade estabelecida neste trabalho se deu por meio da exportação de um modelo virtual de um sistema hidrossanitário desenvolvido no Revit para IFC 2x3, que posteriormente foi aberto no Unity para estudos e aplicação em RA. Esse procedimento foi demonstrado na metodologia deste trabalho. Analisando bibliografias e fazendo experimentos em outros softwares BIM, percebe-se que para cada caso é necessário um novo procedimento de exportação IFC, a fim de se não perder informações importantes do modelo ou ainda filtrá-las de acordo com as necessidades de um trabalho. Essa metodologia varia em relação aos softwares utilizados, aos profissionais envolvidos, aos tipos de estudo que será realizado, às disciplinas de projetos que serão compartilhadas, entre outros fatores.

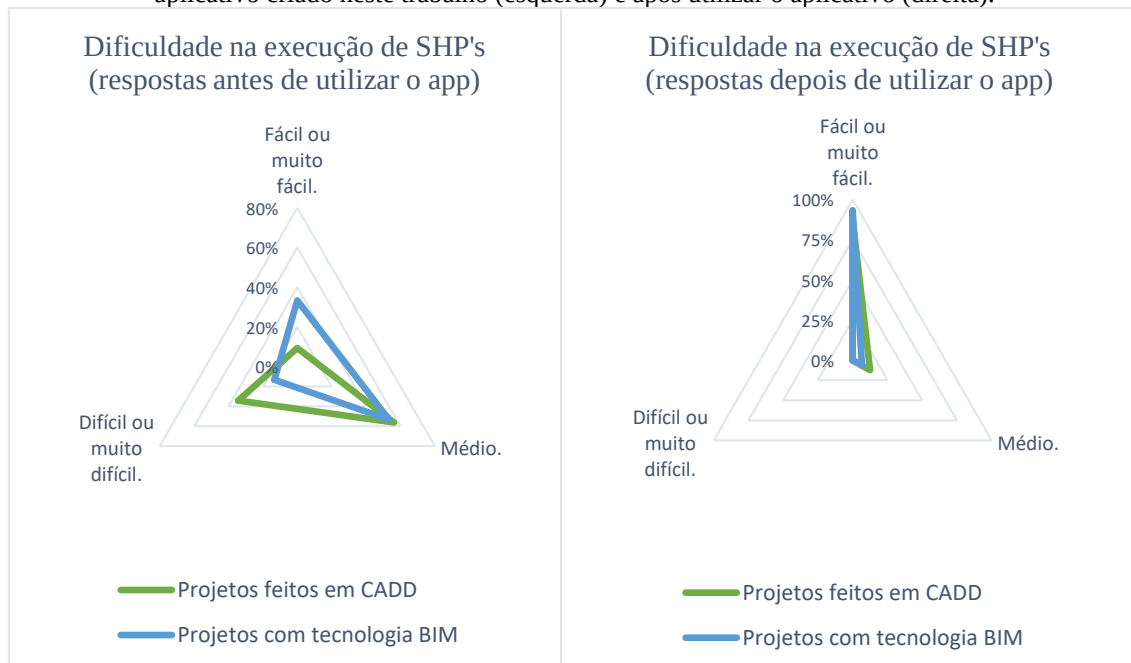
Para o aplicativo desenvolvido neste trabalho, foi realizado um filtro de informações, onde foram adicionados apenas as informações que se julgou ser necessárias para execução e manutenção de sistemas hidrossanitários (Figura 27). Acredita-se que essas informações eram suficientes para a perfeita caracterização do sistema em obra. As respostas da 6ª pergunta, passadas após a utilização do aplicativo pelos profissionais demonstram que de fato essas informações contribuíram para a execução dos sistemas, onde quase todos profissionais responderam que utilizando o artefato criado neste trabalho a execução do sistema hidrossanitário se tornou fácil ou muito fácil. Quando comparamos ainda as respostas da 2ª pergunta com as respostas da 6ª pergunta percebe-se de forma clara uma mudança nas considerações (Figura 28).

Figura 27. Modelo virtual sobreposto em uma parede hidráulica com a caixa de informações de um Tê Soldável que foi selecionado.



Fonte: Autor (2021).

Figura 28. Comparação de dificuldades em se executar um projeto hidrossanitário antes de utilizar o aplicativo criado neste trabalho (esquerda) e após utilizar o aplicativo (direita).



Fonte: Autor (2021).

Portanto, no atual contexto delineado acima o artefato desenvolvido neste trabalho pode ser um grande aliado no aprimoramento de execução, fiscalização e manutenção de sistemas hidrossanitários prediais. Esse processo pode contribuir com diversos fatores como: evitar gastos desnecessário de materiais, evitar retrabalhos, garantir um as-built mais próximo da realidade para futuras manutenções, garantir a eficiência do sistema, permitir melhor gestão dos recursos hídricos da edificação, garantir atendimento à norma de desempenho, entre outros. Esses fatores se mostram mais claros quando analisamos as respostas da 7ª e 8ª pergunta, onde a grande maioria dos profissionais responderam que o aplicativo contribui para a execução do sistema hidrossanitário e que classificam o Nível de Desenvolvimento como alto ou muito alto.

5. CONCLUSÃO

As conclusões deste estudo observacional fornecem dados cruciais sobre a experiência com o uso de tecnologia de RA associado ao BIM na implantação de uma nova tecnologia/metodologia de análise, execução e manutenção de sistemas hidrossanitários prediais, fornecendo as orientações provisórias necessárias para este tipo de uso na prática. Esses achados corroboram estudos recentes apresentados no referencial teórico, indicando um papel potencial da RA + BIM na comunicação construtiva de um sistema e no fornecimento de informações que permitem análises mais assertivas no processo de construção e manutenção de edifícios. São resultados interessantes considerando a importância do sistema hidrossanitário quanto a gestão da água no atual contexto ambiental para adequação à norma de desempenho e selos de construção sustentável, e percebendo que trabalhos voltados ao desenvolvimento de tecnologias de design para esses tipos de sistemas são ainda escassos. Hoje em dia, esse tipo de estratégia também pode ser utilizado em outras áreas, como projetos elétricos, ar-condicionado e até estrutural, principalmente pela necessidade atual em se evitar ao máximo gastos desnecessários em obras. Como sugestão de estudos prospectivos, a aplicação dessa metodologia pode ser avaliada em diferentes disciplinas a fim de se encontrar resultados em escala real de uma construção e de forma mais geral.

REFERÊNCIAS

- ABADI, M. (2005). **Issues and challenges in communication within design teams in the construction industry**. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Manchester, UK.
- ABESP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE SISTEMAS PREDIAIS). **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Hidráulica**. 2012. Disponível em: http://www.sinaenco.com.br/downloads/manual_Hidraulica.pdf
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 8160: **Sistemas prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 1999.
- AUTODESK. **Revit: Desenvolvido para Modelagem de Informação da Construção**. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- AUTODESK. **Sobre as famílias**. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/PTB/?guid=GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29>>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- BASILE, R. **Sviluppi del Modello BIM: Aumento di LOD, la modellazione MEP e l'utilizzo della Realtà Aumentata per la manutenzione - Developments of the BIM Model: Increased LOD, MEP modeling and use of Augmented Reality for maintenance**. Rel. Anna Osello. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018.
- BILLINGHURST, M.; CLARK, A.; LEE, G.. **A survey of augmented reality**, *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.*, vol. 8, no. 2, pp. 272-273, 2015.
- BIMFORUM. **LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY**: For Building Information Models and Data. US: BimForum, 2019. 256 p. Disponível para download em: <<https://bimforum.org/lof/>>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- BUILDINGSMART. Building Smart. 2008. Disponível em: . Acesso em: 10 Ago. 2014.
- CHALHOUB, J.; AYER, S. K.. **Exploring the performance of an augmented reality application for construction layout tasks**. Multimedia Tools and Applications, 2019.
- CHEN, Y. J.; LAI, Y. S.; LIN, Y. H.. BIM-based augmented reality inspection and maintenance of fire safety equipment. **Automation in Construction**, 2020.
- COSTA, Eduardo Dalla; MORAES, Clauciana Schmidt Bueno. Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 160-169, 19 maio 2013. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=1020&layout=abstract>. Acesso em: 13 dez. 2019.

DIAO, P. H.; SHIH, N. J.. **BIM-Based AR Maintenance System (BARMS) as an Intelligent Instruction Platform for Complex Plumbing Facilities**. Applied Sciences, 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de Bim: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014, 483 p.

EASTMAN, Charles; SOLIHIN, Wawan. **Classification of rules for automated BIM rule checking development**. North Ave NW, Atlanta, EUA: Georgia Institute of Technology, 2015.

Egan, J. (2002). Accelerating change. **Strategic Forum for Construction**, London.

EMMITT, Stephen. **Gestão do processo de projeto em arquitetura, engenharia e construção: origem e tendências**. Gestão & Tecnologia de Projetos, Brasil, v. 5, n. 3, p. p. 27-38, dec. 2010. ISSN 1981-1543. DOI <https://doi.org/10.4237/gtp.v5i3.173>

ENSAFI, M.; HARODE, A.; THABET, W.. Developing systems-centric as-built BIMs to support facility emergency management: A case study approach. **Automation in Construction**, v. 133, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104003>. Acesso em: 8 nov. 2021.

Evbuomwan, N.F.O.; and Anumba, C.J. (1998). **An integrated framework for concurrent life-cycle design and construction**. Advances in Engineering Software, 29(7-9), 587-597.

FARINA, H. et al. Programa de necessidades para sistemas prediais e a qualidade do projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2002. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1921_1930.pdf

GARTNER LIFECYCLE ARCHITECTURE. **BIM**. [S. l.], 2019. Disponível em: <<https://www.gartner-a.com/bim>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Caderno de apresentação de projetos de Santa Catarina**. Florianópolis, SC, Brasil: Secretaria de Estado do Planejamento, 2018. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/427-caderno-de-projetos-bim/file>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

GRAÇA, M.E.A.; FREIRE, C.C.A.; FARINA, H. A produção de projetos de sistemas prediais: fase conceitual e fase preliminar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 18., Niterói, 1998. **Anais...** Niterói: ENEGEP, 1998. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1998_ART400.pdf

GROAT, L., & WANG, D. (2002). Architectural research methods. New York, NY: Wiley & Sons.

IBAPE/SP – INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Norma de Inspeção Predial**, 2011.

ILHA, M. S. de O. et al. Caracterização da produção científica na área dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2006. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3383_3391.pdf

KAMAR, K.A.M. & AZMAN, M.N.A. & Mohd Nawi, Mohd Nasrun. (2014). **IBS survey 2010: Drivers, barriers and critical success factors in adopting industrialised building system (IBS) construction by G7 contractors in Malaysia**. Journal of Engineering Science and Technology. 9. 490-501.

KENT, B. J.; MILLER, K. R.; FARNSWORTH, C. B. BIM Practices of Commercial MEP Contractors. **53rd ASC Annual International Conference Proceedings**, 2017.

KHAN, S.; PANUWATWANICH, K.. **Applicability of Building Information Modeling Integrated Augmented Reality in Building Facility Management**. Springer, Singapore, 2021.

KIM, J. L. Use of BIM for effective visualization teaching approach in construction education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, 2012.

LIMA, Camila Fonseca Melo; ANDERY, Paulo Roberto Pereira; VEIGA, Ana Cecília Rocha. **Análise do processo de projeto de sistemas hidrossanitários prediais**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 102-113, jun. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: Acesso em: 05 nov. 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i2.8645049>.

Love, P.E.D.; Gunasekaran, A.; and Li, H. (1998). **Concurrent engineering: A strategy for procuring construction projects**. International Journal of Project Management, 16(6), 375-383.

MAGALHÃES, Rachel M.; MELLO, Luiz Carlos B. B.; BANDEIRA, Renata A. M. **Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro**. Revista Gestão e Produção, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ano 2018, v. 25, n. 1, p. 44-55, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v25n1/0104-530X-gp-0104-530X2079-15.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

Nawi, M.N.M.; Lee, A.; Kamar, K.A.M.; and Hamid, Z.A. (2011). **A critical literature review on the concept of team integration in industrialised building system (IBS)**. Malaysia Construction Research Journal (MCRJ), 9(2), 1-18.

OZCAN-DENIZ, G. the Aec Students' Perspective in the Learning Process of Cad and Bim. **10th BIM Academic Symposium & Job Task Analysis Review**, Orlando, FL, 2016.

PALOMERA-ARIAS, R.; LIU, R. **BIM Laboratory Exercises for a MEP Systems Course in a Construction Science and Management Program**. Journal of Information Technology in Construction, [s. l.], v. 21, n. Issa R, p. 188–203, 2016.

PETERSON, F.; HARTMANN, T.; FRUCHTER, R.; FISCHER, M. Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 115–125, 2011. Elsevier B.V.

PRACTICALBIM. **What is this thing called LOD**. [S. l.], 1 mar. 2013. Disponível em: <<http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

QIAO, X.; REN, P.; DUSTDAR, S.; LIU, L.; MA, H.; CHEN, J.. Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality - State of the Art, Challenges, and Insights, in **Proceedings of the IEEE**, vol. 107, no. 4, pp. 651-666, April 2019, DOI <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2895105>.

RUSCHEL, R. C.; VALENTE, C. A. V. ; CACERE, E. ; QUEIROZ, S. S.. O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 7, p. 36-54, 2013.

RUSCHEL, R.C.; ANDRADE, M. L. V. X. ; MORAIS, M.. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído (Online)**, v. 13, p. 151-165, 2013.

SCHEER, S.; SANTOS, E. T.; AMORIM, S. R. L.; AMORIM, A. L.. Modelagem da informação da construção: uma experiência brasileira em BIM. 1. ed. Curitiba: UFPR, 2013. v. 1. 554p.

SHEN, Z.; JENSEN, W. G.; FISCHER, B. A.; WENTZ, T. G. Using BIM to teach design and construction of sustainable buildings. **ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings**, 2012.

SHEN, Z.; JENSEN, W.; WENTZ, T.; FISCHER, B. Teaching Sustainable Design Using BIM and Project-Based Energy Simulations. **Education Sciences**, 2012.

STAUT, Solange L. S.; ILHA, Marina. S. de O. SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS DESEMPENHO E INOVAÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, XIII., 2019, SÃO PAULO. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.antaceventos.net.br/index.php/sispred2019/sispred2019/paper/viewFile/692/339>. Acesso em: 5 nov. 2019.

WORTMANN, T.; TUNÇER, B. Differentiating parametric design: Digital workflows in contemporary architecture and construction. **Design Studies**, v. 52, p. 173–197, 2017.

YWASHIMA, L. A.; ILHA, M. S. de O. **Concepção de projeto dos sistemas hidráulicos sanitários prediais: mudanças no processo de projeto com a utilização de Building Information Modeling (BIM)**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. Anais ... Porto Alegre: ANTAC, 2010. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/502.pdf>.