UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – CAMPUS DO SERTÃO

EIXO TECNOLÓGICO

ENGENHARIA CIVIL

MURILO LIMA COSTA

# METODOLOGIA BIM 3D e 4D APLICADA NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE PETROLINA-PE.

Delmiro Gouveia - AL

2022

MURILO LIMA COSTA

# METODOLOGIA BIM 3D e 4D APLICADA NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE PETROLINA-PE.

Trabalho de conclusão de curso submetido ao curso de engenharia civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como pré-requisito para obtenção do título bacharel em engenheiro civil.

Orientador: Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos.

Delmiro Gouveia - AL

2022

**Catalogação na fonte**

**Universidade Federal de Alagoas**

**Biblioteca do Campus Sertão**

**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/*2209*

C837m Costa, Murilo Lima

Metodologia BIM 3D e 4D aplicada na compatibilização de projetos em edificação na cidade de Petrolina - PE / Murilo Lima Costa. - 2022.
182 f. : il.

Orientação: Rogério de Jesus dos Santos.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Construção civil. 2. Building Information Modeling – BIM. 3. Metodologia BIM. 4. Otimização de custos. 5. Interferências. 6. Formato 3D. 7. Formato 4D. 8. Inovação. I. Santos, Rogério de Jesus. II. Título.

CDU: 624.05

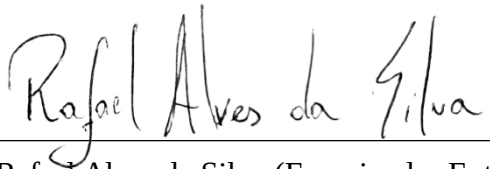
Folha de Aprovação

MURILO LIMA COSTA

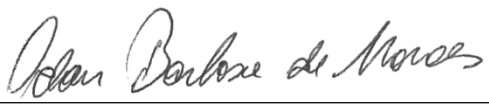
**METODOLOGIA BIM 3D e 4D APLICADA NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE PETROLINA – PE.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido aocorpo docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovado em 29 do mês agosto de 2022.

Prof. MSc. Rogério de Jesus dos Santos, UFAL – Campus Sertão
(Orientador)



Eng. Rafael Alves da Silva (Examinador Externo)



Prof. Dr. Odair Barbora de Moraes (Examinador Interno)

Dedico este trabalho aos meus pais,a Sr.ª **Maria de Fátima** e o Sr. **Manoel Costa** (*in memoriam*), e a meu irmão **Maurício Lima** a quem eu devo tudo e a quem tudo eu dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me dado forças e sabedoria durante esse período fora de casa, sem ele presente na minha vida nada teria feito pra chegar até aqui.

Agradeço a minha família, ao meu pai Manoel (*in memoriam*) que mesmo doente no período da minha aprovação nunca desistiu de mim, a minha mãe Maria de Fátima e ao meu irmão Maurício, que foram minha base para concretização desse sonho.

Agradeço as pessoas que sempre estiveram dispostas a me apoiar e apoiar minha família diretamente e indiretamente durante esse período, como Iranildo, Ataíde e Nonato. Bem como minhas tias, Joelma, Vanusa, Elizangela, Núbia, Luiza, Socorro, minha vó Lourdes sempre firme em suas orações e minha prima Tâmara.

Agradeço em especial aos meus amigos de estudo e PET Engenharias Anthony e Ewerton, e aos meus irmãos Ailton, Felipe, Leonardo, Noé, e minha irmã Laura, pessoas que foram acima de tudo minha família e meu amparo durante esse ciclo da minha vida.

Agradeço também aos meus amigos que a Universidade me proporcionou são eles: André Luís, Micael, Coutinho, Leonam, Raira, Guilherme, Ítalo, Nathan, João Victor, Beatriz, Renata e Maria Paula.

Agradeço ao grupo do PET Engenharias entidade que passei o maior tempo da graduação, em especial aos Professores Netto, Alverlando e Jonathan bem como, aos discentes do grupo Joabe Mikael, Mateus Barros, Rafael Alves, Leandro Marinho, Rafael Carvalho, Myllena Barros, pessoas que me acolheram dentro do grupo e foram fundamentais para minha jornada dentro da Universidade e no grupo.

Agradeço aos integrantes da Enactus em especial a Melissa, Demerson e Karla.

Agradeço ao meu orientador Rogério Jesus, por toda ajuda prestada durante o decorrer desse trabalho.

Agradeço a equipe da Solve Engenharia em nome de Vitor Bruno, Iva Emanuelly e Artunes Andrade, pessoas que foram importantes para o desenvolvimento desse trabalho sempre dispostos a ajudar tirando dúvidas que surgiram no caminho.

Finalizo agradeço a todos os professores, técnicos e pessoas que contribuíram com o êxito da minha caminhada.

“Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

(Josué 1:9)

## RESUMO

A metodologia BIM vem se destacando dentro do mercado da construção civil, por se caracterizar como uma opção inovadora segmentada a engenharia civil. Com isso, através do uso do BIM é possível modelar a obra e todos os projetos que envolvem o seu desenvolvimento virtualmente no formato 3D. O trabalho em questão tem como objetivo verificar a eficiência da utilização da metodologia BIM no desenvolvimento de uma obra através da otimização de custos e de tempo com o artificio da compatibilização de projetos. Nesse estudo foi utilizada a metodologia BIM para modelar uma edificação situada na cidade de Petrolina-PE, com o auxílio dos softwares *revit* e *eberick* onde foi feita a análise das interferências entre os projetos da edificação arquitetônico, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e estrutural. Diante das informações encontradas, foram detectadas 363 interferências entre os projetos com 95,86% compatibilizadas 4,13% aprovadas. Foi possível economizar 10% do valor estimado, correspondente a R$39.853,52.



**Palavras-chave**: compatibilização; projeto; BIM; otimização; inovação; construção civil; interferências.

**ABSTRACT**

The BIM methodology has been standing out within the civil construction market, due to the fact that it is an innovative option segmented to civil engineering, thus, through the use of BIM it is possible to model the work and all the projects that involve its development virtually in 3D format. This work aims to prove the efficiency of using BIM methodology in the development of a project through the optimization of costs and time with the artifice of project compatibility. In this study, the BIM methodology was used to model a building located in Petrolina-PE, with the aid of Revit and Eberick software, in which an analysis of the interferences between the architectural, electrical, plumbing and structural projects of the building was performed. Based on the information found, 363 interferences between the projects were detected, with 95.86% made compatible, and 4.13% approved. It was possible to save 10% of the estimated value, corresponding to R$39,853.52.

**Keywords**: Compatibility; Project; BIM; Optimization; Innovation; Civil Construction; Interferences.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de modelagem da informação da construção. ..... 31
Figura 2 – Média global da porcentagem de construtores apontando as três principais vantagens no uso de BIM em suas atividades durante a fase pré-obra (concepção e planejamento). ..... 32
Figura 3 – Visão regional da porcentagem de construtores apontando as três principais vantagens no uso de BIM em suas atividades durante a fase pré-obra (concepção e planejamento). ..... 33
Figura 4 – Linha do tempo - BIM. ..... 34
Figura 5 – Metas e Indicadores até 2028. ..... 39
Figura 6 – Dimensões utilizadas na teoria dos 10D BIM. ..... 43
Figura 7 – Arquivos para interoperabilidade. ..... 44
Figura 8 – Intercâmbio de projetos e interoperabilidade BIM. ..... 45
Figura 9 – Mapa do território de Pernambuco com destaque para a localização de Petrolina – PE. ..... 56
Figura 10 – Planta baixa executiva – Pavimento Térreo (residência unifamiliar), localizada na cidade de Petrolina-PE. ..... 58
Figura 11 – Planta baixa executiva – Pavimento superior (apartamento 01 e 02). ..... 58
Figura 12 – Corte AA. ..... 59
Figura 13 – Corte BB. ..... 59
Figura 14 – Corte DD. ..... 59
Figura 15 – Lançamento de itens construtivos. ..... 61
Figura 16 – Estrutura completa da parede. ..... 61
Figura 17 – Parâmetros adotados. ..... 62
Figura 18 – Resumo por bitola e por elemento adotados no dimensionamento. ..... 62
Figura 19 – Lançamento de elementos estruturais. ..... 62
Figura 20 – Detalhamento dos elementos presentes na laje.. ..... 63
Figura 21 – Planta de forma do Pavimento Térreo. ..... 63
Figura 22 – Planta de forma do Pavimento Superior. ..... 64
Figura 23 – Planta de forma da Coberta. ..... 64
Figura 24 – Aba de lançamento de itens elétricos. ..... 64
Figura 25 – Legenda quanto a classificação de tomadas. ..... 65
Figura 26 – Legenda quanto a classificação de interruptores. ..... 65

Figura 27 - Legenda quanto a classificação dos itens elétricos. a) Dados; b) Televisão; c) Quadros. ..... 66
Figura 28 – Legenda quanto a classificação dos cabos. ..... 66
Figura 29 – Prespectiva isómetrica de itens elétricos. a) Quadro de medição; b) Interruptor Simples; c) Tomada Dupla. ..... 66
Figura 30 – Perspectiva isométrica de itens elétricos. a) Iluminação de teto; b) Eletrodutos; c) Iluminação de parede. ..... 67
Figura 31 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Elétricas) – Pavimento Térreo. ..... 67
Figura 32 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Elétricas) – Pavimento Superior. ..... 67
Figura 33 – Aba de lançamento de itens do sistema hidrossanitário. ..... 68
Figura 34 – Perspectiva isométrica de itens do sistema de água fria. a) Caixa d'água de 1500L; b) Torneira; c) Pia da cozinha. ..... 69
Figura 35 – Perspectiva isométrica de itens do sistema de água fria. a) Chuveiro; b) Pia do banheiro; c) Pia da Área de Serviço. ..... 69
Figura 36 – Perspectiva isométrica do sistema de esgoto. a) Ralo; b) Caixa Sifonada; c) Sifão para lavatório. ..... 70
Figura 37 – Elementos do sistema de esgoto. a) Caixa de Inspeção; b) Caixa de gordura. ..... 70
Figura 38 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria) – Pavimento Térreo. ..... 70
Figura 39 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria) – Pavimento Superior. ..... 71
Figura 40 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria) – Coberta. ..... 71
Figura 41 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Esgoto) – Pavimento Térreo. ..... 72
Figura 42 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Esgoto) – Pavimento Superior. ..... 72
Figura 43 – Custo unitário básico da construção – ABRIL 2022 (PE). ..... 77
Figura 44 – Perspectiva isométrica geral do projeto arquitetônico 01. ..... 78
Figura 45 – Perspectiva isométrica geral do projeto arquitetônico 02. ..... 78
Figura 46 – Pespectiva da Área Gourmet e Garagem. ..... 79
Figura 47 – Perspectiva da Sala de estar e cozinha. a) turno da tarde; b) turno da noite. ..... 79

Figura 48 – Perspectiva do B.W.C. Social. a) turno do dia; b) turno da noite. ..... 80
Figura 49 – Perspectiva do Quarto 01. a) turno do dia; b) turno da noite. ..... 80
Figura 50 – Perspectiva da Suíte. a) perspectiva lateral direita; b) perspectiva lateral esquerda. ..... 81
Figura 51 – Perspectiva dos ambientes. a) B.W.C. Suíte; b) Área de Serviço. ..... 81
Figura 52 – Perspectiva de Circulação 02. a) turno da manhã; b) turno da noite..... 82
Figura 53 – Perspectiva da Sala de Estar/Cozinha do APT.01. a) turno da tarde; b) turno da noite. ..... 82
Figura 54 – Perspectiva dos ambientes – APT.01. a) Quarto; b) B.W.C. ..... 83
Figura 55 – Perspectiva de ambientes – APT.01. a) Varanda; b) Área de serviço..... 83
Figura 56 – Sala de estar/cozinha – APT.02. a) turno da noite; b) turno da manhã..... 84
Figura 57 – Perspectiva de ambientes – APT.02. a) Quarto; b) B.W.C. ..... 84
Figura 58 – Perspectiva da varanda – APT.02. a) turno da manhã; b) turno da noite.... 84
Figura 59 – Perspectiva de fundação e arranque de pilares ou pilar de fundação. ..... 86
Figura 60 – Perspectiva de Fundações + Viga Baldrame. ..... 86
Figura 61 – Perspectiva da estrutura do Pavimento Térreo (pilares). ..... 87
Figura 62 – Perspectiva da estrutura completa do Pavimento Térreo. ..... 87
Figura 63 – Perspectiva de detalhe da escada. a) perspectiva esquerda; b) perspectiva direita. ..... 87
Figura 64 – Perspectiva de detalhe da Laje. a) Perspectiva Superior; b) Perspectiva Inferior. ..... 88
Figura 65 – Perspectiva da estrutura do Pavimento Térreo + Pavimento Superior..... 88
Figura 66 – Perspectiva da estrutura do Pavimento Superior + Coberta. ..... 89
Figura 67 – Perspectiva geral do projeto estrutural 01. ..... 89
Figura 68 – Perspectiva geral do projeto estrutural 02. ..... 90
Figura 69 – Perspectiva do quadro de distribuição e quadro VDI (TÉRREO) – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem o vínculo arquitetônico.91
Figura 70 – Perspectiva do quadro de distribuição e Quadro VDI (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 91
Figura 71 – Perspectiva quadro de distribuição e quadro VDI (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 91

Figura 72 – Perspectiva da instalação elétrica da Sala de Estar (TÉRREO) – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico... 92
Figura 73 – Perspectiva da instalação elétrica da Sala de Estar (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 92
Figura 74 - Perspectiva instalação elétrica da Sala de Estar (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 93
Figura 75 - Perspectiva instalação elétrica do Quarto 01 (TÉRREO) – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 93
Figura 76 - Perspectiva da instalação elétrica do Quarto (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 94
Figura 77 - Perspectiva instalação elétrica do Quarto (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 94
Figura 78 – Perspectiva geral do projeto de instalações elétricas 01. ..... 94
Figura 79 – perspectiva geral do projeto de instalações elétricas 02..... 95
Figura 80 – Perspectiva de instalação de água fria da SUÍTE – Pavimento Térreo. a) Modelado com vínculo arquitetônico; b) Modelado sem vínculo arquitetônico..... 95
Figura 81 – Perspectiva de instalação de esgoto da SUÍTE – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico..... 96
Figura 82 – Perspectiva da instalação hidrossanitária da SUÍTE – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 96
Figura 83 – perspectiva de instalação hidrossanitária do B.W.C SOCIAL- Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico... 97
Figura 84 – Perspectiva da instalação hidrossanitária da COZINHA – Pavimento Térreo. a) Vista frontal; b) Vista dos fundos..... 97
Figura 85 – Perspectiva da instalação hidrossanitária do B.W.C. (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 98
Figura 86 – Perspectiva de instalação hidrossanitária da COZINHA (APT.01) – Pavimento Superior. a) Vista frontal; b) Vista dos fundos..... 98
Figura 87 – Instalação hidrossanitária do B.W.C. (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico. ..... 99

Figura 88 – Instalação hidrossanitária da COZINHA (APT.02) – Pavimento Superior. a) Vista frontal; b) Vista dos fundos. ..... 99
Figura 89 – Instalação das caixas d'água. a) Caixas d'água de 500L; b) Caixa d'água de 1.500L. ..... 100
Figura 90 – Perspectiva isométrica projeto hidrossanitário 01 ..... 100
Figura 91 – Perspectiva isométrica projeto hidrossanitário 02 ..... 101
Figura 92 – Análise de interferência entre os projetos estrutural e arquitetônico. ..... 102
Figura 93 – Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: estrutural e arquitetônico. ..... 102
Figura 94 – Interferências aprovadas. a) guarnição de porta de abrir e pilar (01); b) guarnição de porta de abrir e pilar (02); c) guarnição de porta de correr e pilar. ..... 103
Figura 95- Interferência encontrada entre porta de correr e viga. ..... 103
Figura 96 – Interferência encontrada entre pilar e porta; a) Porta de correr e pilar (01); b) Porta de correr e Pilar (02). ..... 104
Figura 97 – Interferência entre porta e escada. ..... 104
Figura 98 – Interferência entre pilar e janela; a) Pilar e janela pivotante; b) Pilar e janela de correr; c) Pilar e janela de correr. ..... 105
Figura 99 – Análise de interferência entre os projetos: estrutural e instalações elétricas. ..... 105
Figura 100 – Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos estrutural e instalações elétricas. ..... 106
Figura 101 – Interferência entre quadro parcial e pilar. ..... 106
Figura 102 – Interferência entre viga e eletroduto. a) Viga e eletroduto (01); b) Viga e eletroduto (02). ..... 107
Figura 103 – Interferência entre pilar e tomada. a) Pilar e tomada (01); b) Pilar e tomada (02). ..... 107
Figura 104 – Interferência entre Pilar e Eletroduto. a) Pilar e eletroduto na parte inferior (01); b) Pilar e eletroduto na parte superior (02); c) Pilar e eletroduto na parte inferior (03). ..... 108
Figura 105 – Interferência entre viga baldrame e eletroduto. a) Viga baldrame e eletroduto (01); b) Viga baldrame e eletroduto (02). ..... 108
Figura 106 – Análise de interferências entre os projetos: estrutural e hidrossanitário. 109
Figura 107 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: estrutural e instalações hidrossanitárias. ..... 110

Figura 108- Interferências aprovadas. a) Suporte da caixa d'água e pilar; b) viga baldrame e carenagem hidráulica; c) carenagem hidráulica e pilar de fundação. ..... 110
Figura 109 – Interferências entre viga e tubo de esgoto; a) viga e tubo de esgoto – 40mm (01); b) viga e tubo de esgoto (02); c) viga e tubo de esgoto - 40mm (02) ..... 111
Figura 110 – Interferências entre viga e tubo de água; a) viga e tubo de água fria - 50mm (01); b) viga e tubo de água – 50mm (02); c) viga e tubo de água fria – 50mm (03). . 111
Figura 111 – Interferência entre viga e conexão de esgoto. a) Viga e conexão de esgoto (01); b) Viga e conexão de esgoto (02); c) Viga e conexão de esgoto (03). ..... 112
Figura 112 – Interferência entre viga e conexão de esgoto. a) Viga e conexão de água fria (01); b) Viga e conexão de água fria (02); c) Viga e conexão de água fria (03). ..... 112
Figura 113 – Interferência entre viga baldrame e tubo de esgoto; a) Viga baldrame e tubo de esgoto - 75mm; b) Viga baldrame e tubo de esgoto - 50mm (01); c) Viga baldrame e tubo de esgoto - 50mm (02)..... 113
Figura 114 – Interferência entre viga baldrame e tudo de água fria. a) Viga baldrame e tubo de água fria - 25mm (01); b) Viga baldrame e tubo de água fria - 25mm (02); Viga baldrame e tubo de água fria - 25mm (03). ..... 113
Figura 115 – Interferência entre ralo e viga baldrame. a) Viga baldrame e ralo (01); b) Viga baldrame e ralo (02). ..... 114
Figura 116 – Interferência entre pilar e tubo de esgoto. a) pilar e tubo de esgoto – 100m (01); b) pilar e tubo de esgoto – 100mm (02). ..... 114
Figura 117 – Interferência entre pilar e tubo de água fria; a) Pilar e tubo de água fria - 25mm (01); b) Pilar e tubo de água fria - 25mm (02); c) Pilar e tubo de água fria - 25mm (03); d) Pilar e tudo de água fria 25mm (04). ..... 115
Figura 118 – Interferência entre pilar e conexão de esgoto. a) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (01); b) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (02). ..... 115
Figura 119 – Interferência entre pilar de fundação e conexão de água fria – 25mm. .. 116
Figura 120 – Interferência entre pilar de fundação e conexão de esgoto; a) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (01); b) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (02). ..... 116
Figura 121 – Pilar de fundação e tubo de água fria. a) Pilar de fundação e tubo de 25mm (01); b) Pilar de fundação e tubo de água fria - 25mm (02); c) Pilar de fundação e tubo de água fria - 25mm (03). ..... 117
Figura 122 – Pilar de fundação e tubo de esgoto. a) Pilar de fundação e tubo de esgoto - 100mm (01); b) Pilar de fundação e tubo de esgoto - 50mm; c) Pilar de fundação e tubo de esgoto - 100mm (02). ..... 117

Figura 123 – Análise de interferência dos projetos: arquitetônico e instalações elétricas. ..... 118
Figura 124 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: arquitetônico e instalações elétricas. ..... 118
Figura 125 – Interferência entre porta de correr e itens de tomada. a) porta de correr e item de tomada (01); b) porta de correr e item de tomada (02); c) porta de correr e item de tomada (03); d) porta de correr e item de tomada (04). ..... 119
Figura 126 – Interferência entre janela e eletroduto. ..... 119
Figura 127 – Análise de interferência dos projetos: arquitetônico e instalações hidrossanitárias. ..... 120
Figura 128 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: arquitetônico e instalações hidrossanitárias. ..... 120
Figura 129 – Interferência entre tubo de esgoto - 50mm e janela de correr. ..... 121
Figura 130 – Análise de interferência dos projetos: instalações elétricas x instalações hidrossanitárias. ..... 121
Figura 131 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: instalações elétricas e instalações hidrossanitárias. ..... 122
Figura 132 – Interferência entre eletroduto e tubo de ventilação. a) eletroduto e tubo de ventilação (01); b) eletroduto e tubo de ventilação (02). ..... 122
Figura 133 - Interferência entre eletroduto e prolongador de ralo. a) prolongador de ralo e eletroduto (01); b) prolongador de ralo e eletroduto (02). ..... 123
Figura 134 - Interferência entre eletroduto e tubo de esgoto. a) eletroduto e tubo de esgoto – 100mm (01); b) eletroduto e tubo de esgoto – 50mm (02). ..... 123
Figura 135 - Interferência entre eletroduto e tubo de água fria (parede). ..... 124
Figura 136 - Interferência entre eletroduto e tubo de água fria (coberta). a) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (01); b) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (02); c) tubo de água fria – 50mm (03). ..... 124
Figura 137 - Interferência entre eletroduto e conexão de água fria. ..... 125
Figura 138 - Interferência entre eletroduto e conexão de esgoto. a) eletroduto e conexão de esgoto – 100mm (01); b) eletroduto e conexão de esgoto – 40mm. ..... 125
Figura 139 - Interferência entre eletroduto e caixa de gordura ..... 125
Figura 140 - Análise de interferência dos projetos: instalações de água fria x instalações de esgoto. ..... 126

Figura 141 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: instalações de água fria e instalações de esgoto. ..... 126
Figura 142 – Interferências aprovadas entre os projetos de instalações de água fria e instalações de esgoto. a) conexão do vaso sanitário e vaso sanitário; b) tubo de ventilação e suporte da caixa d'água ..... 127
Figura 143 – Interferência entre conexão de água fria e esgoto. a) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm (01); b) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm. ..... 127
Figura 144 – Interferência entre tubo de água fria e tubo de esgoto. a) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm (01); b) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm (02); c) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto -40mm (03). ..... 128
Figura 145 – Resumo total das interferências encontradas (new) e aprovadas (approved) entre os projetos. ..... 129
Figura 146 – Quantidade total de interferências. ..... 129
Figura 147 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos da edificação ..... 130
Figura 148 – Compatibilização entre projetos: estrutural e arquitetônico. ..... 131
Figura 149 – Compatibilização entre porta e viga. a) Porta de correr e viga (01); b) Porta de correr e viga (02). ..... 131
Figura 150 – Compatibilização entre porta e pilar. a) Porta de correr e pilar (01); b) Porta de correr e pilar (02); c) Porta de correr e pilar (03). ..... 132
Figura 151 – Compatibilização entre escada e porta. ..... 132
Figura 152 – Compatibilização entre pilares e janelas. a) Pilar e janela de abrir; b) Pilar e janela de abrir; c) Pilar e janela de abrir; d) Pilar com exclusão da janela. ..... 132
Figura 153 – Compatibilização entre projetos: estrutural e elétrico. ..... 133
Figura 154 – Compatibilização da interferência entre pilar e quadro parcial. ..... 133
Figura 155 – Compatibilização entre viga e eletroduto. a) Viga e exclusão do eletroduto (01). b) Viga e exclusão do eletroduto (02). ..... 134
Figura 156 – Compatibilização entre pilar e tomada/interruptor. a) Interruptor e pilar (01). b) Tomada e pilar (01); c) Tomada e pilar (02). ..... 134
Figura 157 – Compatibilização entre viga baldrame e eletroduto. a) Eletroduto e viga baldrame (01); b) Eletroduto e viga baldrame (02). ..... 135
Figura 158 – Compatibilização entre pilar e eletroduto. a) pilar e eletroduto (01); b) pilar e eletroduto (02); c) pilar e eletroduto (03). ..... 135

Figura 159 – Compatibilização entre projetos: estrutural x instalações hidrossanitárias. ..... 136
Figura 160 – Compatibilização entre viga e tubo de esgoto. a) Viga e tubo de esgoto (01); b) Viga e tubo de esgoto (02); c) Viga e tubo de esgoto (03)..... 136
Figura 161 – Compatibilização entre viga e tubo de água fria. a) viga e tubo de água fria (01); b) viga e tubo de água fria (02); c) viga e tubo de água fria (03). ..... 136
Figura 162- Compatibilização entre viga e conexão de esgoto. ..... 137
Figura 163 – Compatibilização entre viga e conexão de água fria. a) viga e conexão (01); b) viga e conexão (02); c) viga e conexão (03) ..... 137
Figura 164 – Compatibilização entre viga baldrame e tubo de esgoto. a) Viga baldrame e tubo de esgoto (01); b) Viga baldrame e tubo de esgoto (02). ..... 138
Figura 165 – Compatibilização entre viga baldrame e tubo de água fria. a) Tubo de água fria (25mm) e viga baldrame (01); b) Tubo de água fria (25mm) e viga baldrame (02). ..... 138
Figura 166 – Compatibilização entre viga baldrame e ralo. ..... 139
Figura 167 – Compatibilização entre pilar e tubo de esgoto. ..... 139
Figura 168 – Compatibilização entre pilar e tubo de água fria. a) Pilar e tubo de água fria (01); b) Pilar e tubo de água fria (02). ..... 139
Figura 169 – Compatibilização entre pilar e conexão de esgoto. ..... 140
Figura 170 – Compatibilização entre pilar de fundação e conexão de água fria. ..... 140
Figura 171 – Compatibilização entre pilar de fundação e conexão de esgoto. a) Pilar de fundação e conexão de esgoto (01); b) Pilar de fundação e conexão de esgoto (02). .. 141
Figura 172 – Compatibilização entre pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm. a) Pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm (01); b) Pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm (02); c) Pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm (03). ..... 141
Figura 173 – Compatibilização entre pilar de fundação e tubo de esgoto. a) Pilar de fundação e tubo de esgoto (01); b) Pilar de fundação e tubo de esgoto (02); c) Pilar de fundação e tubo de esgoto (03). ..... 142
Figura 174 – Compatibilização entre projetos: arquitetônico e instalações elétricas... 142
Figura 175 – Compatibilização entre porta e itens de tomada. ..... 143
Figura 176 – Compatibilização entre janela e eletroduto. ..... 143
Figura 177 – Compatibilização entre projetos: arquitetônico e instalações hidrossanitárias. ..... 144
Figura 178 – Compatibilização entre tubo de esgoto e janela de correr. ..... 144

Figura 179 – Compatibilização entre projetos: instalações elétricas e instalações hidrossanitárias. ..... 145
Figura 180 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de ventilação. a) Eletroduto e tubo de ventilação (01); b) eletroduto e tubo de ventilação (02). ..... 145
Figura 181 – Compatibilização entre eletroduto e prolongador do ralo. a) prolongador de ralo e eletroduto (01); b) prolongador de ralo e eletroduto (02). ..... 146
Figura 182 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de esgoto. a) eletroduto e tubo de esgoto – 100mm (01); b) eletroduto e tubo de esgoto – 50mm (01). ..... 146
Figura 183 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de água fria (parede). ..... 146
Figura 184 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de água fria (coberta). a) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (01); b) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (02); c) eletroduto e tubo de água fria – 50mm. (03). ..... 147
Figura 185 – Compatibilização entre eletroduto e conexão de água fria. ..... 147
Figura 186 – Compatibilização entre eletroduto e conexão de esgoto. a) eletroduto e conexão de esgoto – 100m (01). b) eletroduto e conexão de esgoto – 100mm (02); c) eletroduto e conexão de esgoto – 40mm (03). ..... 148
Figura 187 – Compatibilização entre eletroduto e caixa de gordura. ..... 148
Figura 188 – Compatibilização entre projetos: instalações de água fria e instalações de esgoto. ..... 149
Figura 189 – Compatibilização entre conexão de água fria e tubo de esgoto. a) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm (01); b) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm (02). ..... 149
Figura 190 – Compatibilização entre tubo de água fria e tubo de esgoto. a) tubo de água fria - 25mm e tubo de esgoto – 40mm (01); b) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm (02); c) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm. ..... 150
Figura 191 – Resumo das compatibilizações aprovadas (approved) e resolvidas (resolved). ..... 150
Figura 192 – Custo estimado da obra. ..... 156
Figura 193 – Quantidade de dias estimados da obra. ..... 157

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados gerais de interferências encontradas. ..... 128
Tabela 2 – Estimativa de custo da obra - CUB..... 152
Tabela 3 – Estimativa de tempo da obra..... 154

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos específicos da estratégia BIM BR. ..... 38
Quadro 2 – Prazos para implementação do Decreto BIM 2020. ..... 40
Quadro 3 – Nível de detalhamento BIM mais comuns com suas respectivas ferramentas. ..... 41
Quadro 4 – Níveis de detalhamento BIM, presentes na Teoria das Dimensões 10D BIM não presentes no Quadro 3, com suas respectivas ferramentas. ..... 42
Quadro 5 – Benefícios da modelagem BIM 3D. ..... 50
Quadro 6 – Benefícios da modelagem em 4D e suas respectivas descrições. ..... 51
Quadro 7 – Etapas da obra e sua respectiva variação de custo no valor final gasto. ..... 54
Quadro 8 – Quantidade de cômodos e descrição dos ambientes do pavimento térreo... 56
Quadro 9 – Quantidade de cômodos e descrição dos ambientes do apartamento 01. .... 57
Quadro 10 – Quantidade de cômodos e descrição dos ambientes do apartamento 02. .. 57
Quadro 11 – Resumo das tubulações de água fria e seu respectivo diâmetro. ..... 68
Quadro 12 – Resumo de tubulações de esgoto e seu respectivo diâmetro. ..... 69
Quadro 13 – Inclinação no sistema de esgoto sanitário. ..... 69
Quadro 14 – Peça hidrossanitária (AF). ..... 70
Quadro 15 – Conexão de tubo (AF). ..... 71
Quadro 16 – Peça hidrossanitárias (ESG). ..... 72
Quadro 17 – Nomes encontrados na análise de interferência e seu respectivo significado. ..... 73

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**1D** – Primeira Dimensão

**2D** – Segunda Dimensão

**3D** – Terceira Dimensão

**4D** – Quarta Dimensão

**5D** – Quinta Dimensão

**6D** – Sexta Dimensão

**7D** – Sétima Dimensão

**8D** – Oitava Dimensão

**9D** – Nona Dimensão

**10D** – Décima Dimensão

**ABDI** – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**AEC** – Arquitetura, Engenharia e Construção

**AsBEA** – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura

**AVAC** – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

**BDS** – *Building Description Sytem*

**BIM** – *Building Information Modeling*

**CAD** – *Computer Aided Design*

**FGV** – Fundação Getúlio Vargas

**IFC** – *Industry Foundation Classes*

**NBR** – Norma Brasileira

**TUG** – Tomadas de Uso Específico

**TUE** – Tomadas de Uso Geral

**QPLF** – Quadro Parcial de Luz e Força

**VDI** – Voz, Dados e Imagem

**RVT** – Tipo de arquivo *Revit*

**IFC** – *Industry Foundation Class*

**SUMÁRIO**


**1. INTRODUÇÃO** ..... 27
1.1. JUSTIFICATIVA ..... 28
1.2. OBJETIVOS ..... 29
1.2.1. OBJETIVO GERAL ..... 29
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 29
**2. REFERENCIAL TEÓRICO** ..... 30
2.1. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM ..... 30
2.1.1. HISTÓRICO ..... 33
2.1.2. NORMAS DA ABNT SOBRE O BIM ..... 35
2.1.3. REGULAMENTAÇÕES BIM NO BRASIL ..... 37
2.1.3.1. DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 ..... 37
2.1.3.2. DECRETO 10.306/2020 ..... 39
2.1.4. MODELAGEM EM N DIMENSÕES ..... 40
2.2. BENEFÍCIOS DO BIM ..... 43
2.2.1. INTEROPERABILIDADE ..... 43
2.2.2. INDUSTRY FOUNDATION CLASS (IFC) ..... 45
2.3. SOFTWERES UTILIZADOS ..... 46
2.3.1. REVIT ..... 46
2.3.2. EBERICK ..... 47
2.3.3. NAVISWORKS ..... 48
2.4. MODELAGEM EM 3D – MODELAGEM PARAMÉTRICA ..... 49
2.5. MODELAGEM 4D – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA ..... 50
2.5.1. COMPATIBILIZAÇÃO – BIM 4D. ..... 51
**3. METODOLOGIA** ..... 55
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO ..... 55
3.2. LOCALIZAÇÃO DO IMÓVEL ..... 55
3.2.1. CARACTERISTÍCAS DO IMÓVEL ..... 56
3.3. MODELAGEM 3D ..... 58
3.3.1. PROJETO ARQUITETÔNICO ..... 60
3.3.2. PROJETO ESTRUTURAL ..... 60
3.3.3. PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ..... 64
3.3.4. PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS ..... 67
3.4. MODELAGEM 4D ..... 72

3.4.1. ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ..... 73
3.4.2. COMPATIBILIZAÇÃO ..... 74
3.4.2.1. ESTRATÉGIAS PARA COMPATIBILIZAÇÃO ..... 75
3.4.3. ESTIMATIVA DE CUSTO E TEMPO ..... 76
**4. RESULTADOS E DISCUSSÕES** ..... 78
4.1. BIM 3D ..... 78
4.1.1. MODELO ARQUITETÔNICO ..... 78
4.1.2. MODELO ESTRUTURAL ..... 85
4.1.3. MODELO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ..... 90
4.1.4. MODELO HIDROSSANITÁRIO ..... 95
4.2. BIM 4D ..... 101
4.2.1. ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ..... 101
4.2.1.1. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO ARQUITETÔNICO .. 102
4.2.1.2. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ..... 105
4.2.1.3. PROEJTO ESTRUTURAL x PROEJTO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ..... 109
4.2.1.4. PROEJTO ARQUITETÔNICO x PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ..... 118
4.2.1.5. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ..... 119
4.2.1.6. PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ..... 121
4.2.1.7. PROEJTO DE INSTALAÇÕES ÁGUA FRIA x PROJETO DE INSTALAÇÕES DE ESGOTO ..... 126
4.2.1.8. ANÁLISE GERAL DE INTERFÊNCIAS ..... 128
4.2.2. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ..... 130
4.2.2.1. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO ARQUITETÔNICO .. 130
4.2.2.2. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ..... 133
4.2.2.3. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ..... 135
4.2.2.4. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROEJTO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ..... 142
4.2.2.5. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ..... 143
4.2.2.6. PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ..... 144

4.2.2.7. PROJETO DE INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA x PROJETO DE INSTALAÇÕES DE ESGOTO ..... 148
4.2.2.8. ANÁLISE GERAL DE INTERFERÊNCIAS ..... 149
4.2.3. ESTIMATIVA DA OTIMIZAÇÃO DE CUSTO E TEMPO COM A COMPATIBILIZAÇÃO ..... 150
**5. CONCLUSÃO** ..... 158
5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 160
APÊNDICE A – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. TÉRREO (EXECUTIVA). 167
APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. TÉRREO (LAYOUT). ..... 168
APÊNDICE C – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. SUPERIOR (EXECUTIVA). ..... 169
APÊNDICE D – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. SUPERIOR (LAYOUT). . 170
APÊNIDCE E – PROJETO ARQUITETÔNICO (CORTE DD). ..... 171
APÊNDICE F – PROJETO ARQUITETÔNICO (CORTE EE). ..... 172
APÊNDICE G – PROJETO ESTRUTURAL (PAV. TÉRREO). ..... 173
APÊNDICE H – PROJETO ESTRUTURAL (PAV. SUPERIOR). ..... 174
APÊNDICE I – PROJETO ESTRUTURAL (COBERTA). ..... 175
APÊNDICE J – PROJETO DE INST. ELÉTRICAS (PAV. TÉRREO). ..... 176
APÊNDICE K – PROJETO DE INST. ELÉTRICAS (PAV. SUPERIOR). ..... 177
APÊNDICE L – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS - ÁGUA FRIA (PAV. TÉRREO). ..... 178
APÊNDICE M – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS - ÁGUA FRIA (PAV. SUPERIOR). ..... 179
APÊNDICE N – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS - ÁGUA FRIA (COBERTA). ..... 180
APÊNDICE O – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS (ESGOTO) – PAV. TÉRREO. ..... 181
APÊNDICE P – PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS (ESGOTO) – PAV. SUPERIOR. ..... 182

# 1. INTRODUÇÃO

A metodologia *Building Information Modeling* - BIM, em português – Modelagem da Informação da Construção, reflete diretamente na inovação dentro da construção civil voltada na área da engenharia civil, na qual através da utilização da ferramenta é possível realizar a modelagem completa de todas as etapas e projetos de uma edificação.

Através das funcionalidades da metodologia vários aspectos de uma construção são otimizados correspondendo a uma obra mais próxima da realidade, minimizando possíveis erros que venham acontecer durante o decorrer da edificação. Comprovando o que foi citado acima, Araújo (2018) afirma que o BIM é uma metodologia que veio para inovar os projetos de arquitetura e engenharia.

Com a passagem dos projetos do papel para *softwares* a metodologia 2D foi a pioneira nesse aspecto através da tecnologia CAD na qual proporcionou um grande avanço no setor de projetos para engenharia civil. Porém, com o avanço das tecnologias, o CAD foi perdendo espaço devido suas limitações na utilização da metodologia, principalmente na integração entre projetos, diante disso, o BIM ganhou espaço dentro do ramo do AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção).

Além do BIM ser um artifício inovador, a aplicação dessa metodologia é realizada a partir da modelagem 3D utilizando softwares que pertencem ao BIM 3D na qual o *Revit* é apresentado como referência, realizando assim a integração dos projetos de uma edificação. Outro aspecto tratado dentro desse estudo é a compatibilização de projetos realizada através do manuseio do *software Navisworks* que pertence a metodologia BIM 4D, portanto, a compatibilização de projetos otimiza o custo e o tempo de obra consequentemente evitando que os erros sejam encontrados no decorrer da obra.

O objetivo desse trabalho é modelar os projetos: arquitetônico, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e estrutural, de uma residência na cidade de Petrolina-PE através da utilização de *softwares* que são compatíveis com a metodologia BIM como o *Revit* e o *Ebereick*.

Para que em seguida seja realizada a análise de interferências entre os projetos com o manuseio do *software Navisworks*, fazendo assim, a compatibilização entre os projetos, através da compatibilização será calculado o valor estimado da obra sem a

compatibilização e com a compatibilização para verificar a economia em reais, fazendo o estudo da quantidade de dias que serão otimizados através do planejamento da empresa executora.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil foi um dos setores que menos evoluiu em produtividade ao longo dos anos, e uma das causas é a falta de informatização. O BIM é uma filosofia revolucionária para o segmento de Arquitetura, Engenharia e Construção. (Carvalho, 2017).

Historicamente na construção civil ocorreram muitos problemas entre os segmentos dentro de um empreendimento, devido à não existência de todos os projetos básicos necessários para a edificação (arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico), assim como, a falta de conexão entre eles, alinhada a profissionais não qualificados, trazem severos impactos negativos para o proprietário da obra, como erros da inserção entre o projeto, planejamento e controle. Desta forma, as principais consequências são: retrabalhos, aumento de gastos e de prazos, que resultam baixa eficácia na obra.

Diante desta problemática, o trabalho a seguir faz uma análise das vantagens da aplicação da metodologia BIM em dois níveis: BIM 3D e BIM 4D. Assim como, visa apresentar a importância da utilização da metodologia BIM na indústria do AEC, para projeção e construção de uma edificação, pois acredita-se que a metodologia BIM tem a função de realizar a integração entre projetos, bem como tornar a obra mais transparente para todos os envolvidos. Por conseguinte, será feito o vínculo entre dois níveis da metodologia do BIM, exemplificando o que cada nível implica diretamente dentro de uma obra desde a criação do seu modelo, com a compatibilização de projetos, pretendendo e otimização de custo e tempo, para minimizar possíveis erros que possam ser encontrados durante a sequência construtiva da obra. Demonstrando dessa forma, a devida importância de profissionais qualificados otimiza o desenvolvimento de uma edificação.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. OBJETIVO GERAL

Verificar a aplicação da metodologia BIM 3D e BIM 4D no auxílio dos profissionais da AEC aplicado na compatibilização de projetos, diante ao planejamento, gestão e gerenciamento de uma obra.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral do trabalho é necessário seguir o caminho da pesquisa, pois será detalhado cada processo, com os seguintes objetivos específicos:

- Elaboração e modelagem 3D dos projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico;
- Analisar as interferências encontradas entre os projetos: arquitetônico, estrutural, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias (água fria e esgoto);
- Realizar a compatibilização entre projetos da edificação: arquitetônico, estrutural, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias (água fria e esgoto);
- Apresentar a eficiência da modelagem 4D no planejamento da construção de uma edificação;
- Comprovar que o planejamento 4D reduz adversidades de comunicação entre diferentes projetos e otimiza a troca de dados entre envolvidos em uma edificação;
- Estimar o custo e o tempo otimizado após a utilização da metodologia BIM 4D.

# 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico irá abordar sobre a tecnologia BIM 3D e BIM 4D, contendo definições do conceito, histórico, *softwares* utilizados, normatização, assim como, a compatibilização de projetos.

## 2.1. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

Segundo Eastman *et al.* (2014), Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM) é um desenvolvimento com grande potencial na área relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Através da utilização da tecnologia BIM, um modelo virtual com exatidão de uma edificação é modelado de maneira digital. Quando finalizado, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para realização da construção.

De acordo com Galli (2017), BIM é o reflexo de uma maneira totalmente diferente de analisar a vida de uma edificação, do projeto à construção, manutenção e demolição: é acima de tudo uma inovação no que se trata de comunicação, com o *software* fazendo a função de ferramenta para alcançar o resultado esperado.

Vindo de encontro com as ideias de Galli (2017), os autores Martins e Rodrigues Junior (2019), destacam que o setor da construção civil avança as buscas pela otimização de seus processos, sem perder a qualidade e evitando desperdícios. Esse fator favoreceu o surgimento de novas tecnologias na área como a tecnologia BIM, a qual realiza o projeto das edificações de forma tridimensional integrando todas as etapas envolvidas em uma edificação.

> BIM é uma tecnologia, e não um programa específico, que oferece uma plataforma integrada para melhorar o design, aumentar a velocidade de entrega para design e construção e fornecer um fluxo de informações sem interrupções. A utilização do BIM vai além da fase de planejamento e concepção do projeto, estendendo-se ao longo do ciclo de vida da construção, de várias infraestruturas (água, águas residuais, eletricidade, gás, resíduos, estradas, pontes, portos, casas, apartamentos, escolas, hospitais, lojas, escritórios, fábricas, armazéns, prisões, etc.). FALCÃO SILVA *et al.* (2016).

Martins e Rodrigues Junior (2019), citam que a construção civil é uma área que cada vez mais procura por inovações, com o intuito de otimizar suas edificações e

processos construtivos, além de examinar as especificações dos consumidores por uma boa qualidade.

A otimização citada acima pode ser representada através da Figura 1, que demonstra as fases do processo que pode ser realizado utilizando a tecnologia BIM, além de representar todas as fases de uma obra, como projeto, execução e operação com suas respectivas ramificações.

Figura 1 – Processo de modelagem da informação da construção.

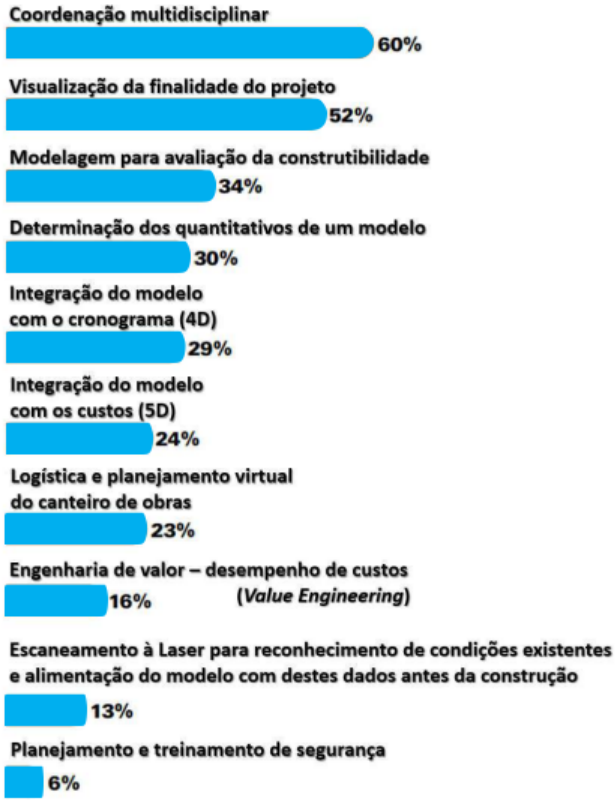
Fonte: PNM Tecnologia (2017).

Aparecida (2018) descreve que existem algumas pesquisas quanto ao impacto e o uso da tecnologia BIM na construção civil, tais pesquisas foram feitas pela empresa McGraw Hill Construction (2014) e realizada em 10 países, sendo eles, Canadá, Alemanha, Estados Unidos, Brasil, Austrália, Coreia do Sul, França, Reino Unido, Nova Zelândia e Japão. As empresas dos países citados que utilizam a metodologia BIM foram convidadas a citar três grandes benefícios obtidos através da utilização do BIM no período da pré-obra.

Na Figura 2, está presente o percentual das opiniões obtidas das empresas dos países estudados. Sendo assim, foi possível verificar que 52% das empresas estudadas destacaram a visualização da finalidade do projeto, assim como, 34% citaram sobre a modelagem para avaliação da construtibilidade, como respostas da pesquisa sobre as três

maiores vantagens da utilização do BIM, constatando que a visualização em 3D, é realmente um ótimo benefício.

Figura 2 – Média global da porcentagem de construtores apontando as três principais vantagens no uso de BIM em suas atividades durante a fase pré-obra (concepção e planejamento).



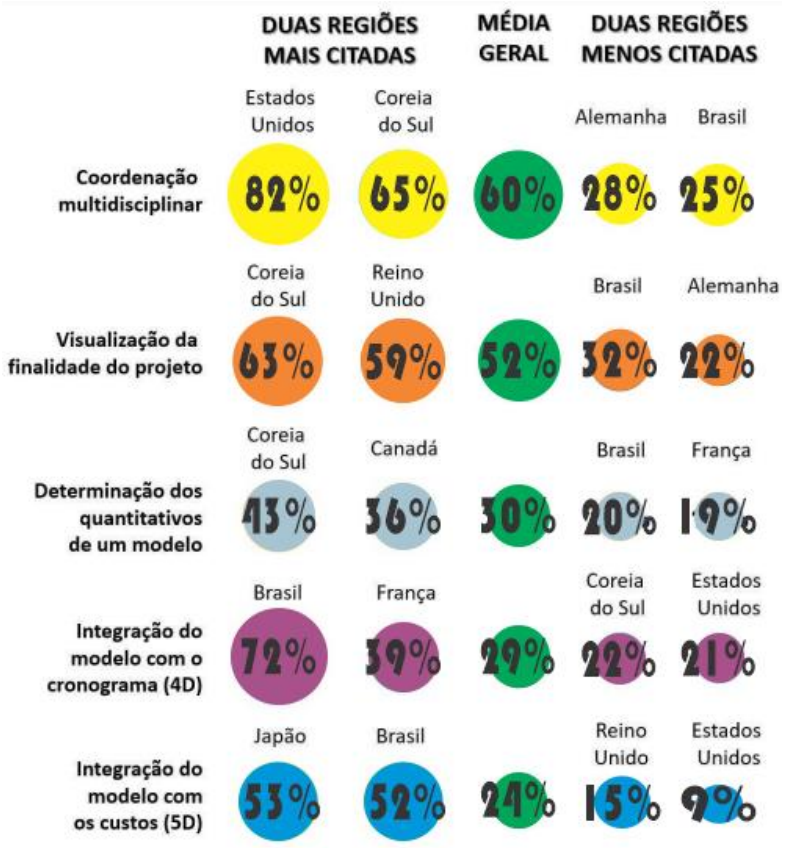

Fonte: Adaptado de CONSTRUCTION, M. H. (2014).

Aparecida (2018) cita que mais um ponto positivo que merece destaque é sobre a possibilidade de facilitar a eficiência do compartilhamento das informações. Em escala global, essa informação é confirmada através da Figura 3, pois percebe-se que a coordenação multidisciplinar foi a vantagem mais citada com 82% na fase da pré-obra. Porém, observando os dados em escala regional, é importante destacar que o Brasil foi o país que apresentou o menor percentual na questão da coordenação multidisciplinar (25%) como um dos três maiores benefícios ao se trabalhar com BIM. Logo, percebe-se que o Brasil ainda está iniciando atividades relacionadas a troca de informações entre diferentes profissionais na fase pré-obra, seja por dificuldade da implementação da metodologia que integre os profissionais de diferentes áreas, ou até mesmo por resistência cultural.

Porém como a segunda vantagem mais citada, aparece a integração do modelo com o cronograma (4D), através dessa informação o Brasil ganha destaque como o país

que mais citou esse benefício do BIM entre os 10 países envolvidos na pesquisa, com 72%, aparecendo em primeiro lugar nessa vantagem. Enquanto a integração do modelo com os custos (5D), o Brasil aparece em segundo lugar com 52% do percentual, demonstrando que o país teve uma aceitação e adaptação maior a essas vantagens quando comparadas a coordenação multidisciplinar, visualização da finalidade do projeto e determinação dos quantitativos de um modelo.

Figura 3 – Visão regional da porcentagem de construtores apontando as três principais vantagens no uso de BIM em suas atividades durante a fase pré-obra (concepção e planejamento).




Fonte: Adaptado de CONSTRUCTION, M. H. (2014).

### 2.1.1. HISTÓRICO

AsBEA (2013) afirma que nos últimos anos o processo de criação de projetos vem com constantes atualizações. É nítido destacar a invasão dos *softwares* e percebe-se que os projetos saíram dos desenhos feitos a lápis de modo bidimensional para em *softwares* com o auxílio de computadores, onde surgiu uma das principais tecnologias dos últimos anos: CAD – *Computer Aided Design.*

Ainda de acordo com as ideias de AsBEA (2013), o desenvolvimento dos projetos feitos em CAD também sofreu muitas transformações ao longo da evolução de *softwares*

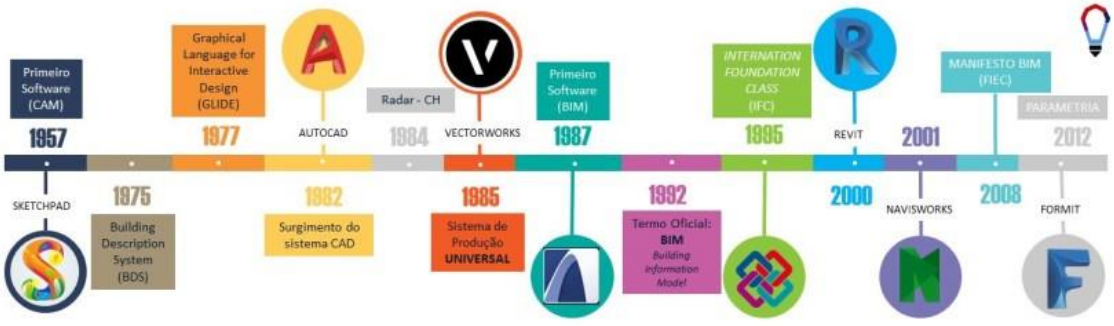
e hardwares, no qual, surgiu uma ferramenta para projetos com integração de novos *softwares*, utilizando ideias inovadoras: a Modelagem da Informação da Construção, ou, como nomeado pela sigla em inglês, BIM – *Building Information Modeling*. Partindo do princípio de modelos tridimensionais e ofuscando a ideia de desenhos bidimensionais, através dessa modelagem é possível que as informações relativas à construção sejam visualizadas em um único modelo.

Segundo Eastman *et al.* (2014), é importante destacar que o conceito e a nomenclatura do BIM não são novos, tais conceitos, abordagens e metodologias que representam o BIM circulam a cerca de trinta anos, e a nomenclatura do *Building Information Model* existe há pelo menos quinze anos. O exemplo com mais antigo documentado sobre o conceito que é nomeado atualmente como BIM foi um protótipo de trabalho, o BDS - "*Building Description Sytem*" com publicação no extinto *Jornal* AIA por Charles M. "Chuck" Eastman, nessa época, na Universidade de Carnegie-Mellon, 1975.

Eastman *et al.* (2014) diz que entre as noções de BIM, presentes no artigo citado acima, pode-se destacar os seguintes aspectos: "Qualquer mudança na disposição teria que ser modificada apenas uma vez para todos os desenhos futuros (evitando redesenho). Qualquer tipo de análise quantitativa, poderia ser ligada diretamente à descrição. Estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser rapidamente geradas. Fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas."

Na Figura 4, é possível observar uma linha do tempo da evolução dos *softwares* BIM.

Figura 4 – Linha do tempo - BIM




Fonte: Farias e Rayhane (2021).

Menezes (2011) diz que foi realizada uma pesquisa em 2008 por Alfredo Andia, da *Florida Internactional University* – Estados Unidos, com mais de 30 empresas que implementavam a metodologia BIM, com o propósito de obter respostas quanto aos problemas de gerenciamento encontrados a partir da adoção da metodologia e através do estudo foi constatado que a implantação do BIM é um processo difícil, devido as dificuldades que as empresas passariam para aprender a manusear o *software* assim como a mudança de cultura nas áreas de arquitetura, engenharia e construção (AEC).

De acordo com Menezes (2011), no início do século XXI, precisamente a partir de 2000, o BIM começou a ganhar credibilidade em território brasileiro, a princípio em escritórios de arquitetura. Portanto, conclui que o BIM veio com o intuito de revolucionar e alavancar a tecnologia atrelada ao processo de produção da construção civil, devido a esses termos utilizados, existia o preconceito que esse método estaria distante da adoção no Brasil. Porém, nos dias atuais, mesmo com a existência das dificuldades da implementação da metodologia, a mesma vem sendo aplicada em várias áreas da construção civil entre elas: orçamentos, arquitetura, estruturas, instalações prediais e vedação.

### 2.1.2. NORMAS DA ABNT SOBRE O BIM

Segundo Nabhan (2018), com o emprego exponencial da metodologia BIM no Brasil, fez-se necessário a criação de Normas Técnicas para padronização de vários parâmetros quanto ao uso do BIM. Portanto, a partir de 2010 foi elaborado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), algumas normas para padronizar a utilização metodologia. As normas estão representadas a seguir:

- ABNT NBR 15873:2010 – Coordenação Modular para Edificações;
- ABNT NBR ISO 12006-2:2010 – Construção de Edificação – Organização de Informação da Construção – Parte 2: Estrutura para Classificação da Informação;

Mohr (2020) cita que a ABNT NBR 15965 é a primeira norma técnica BIM Brasileira, entretanto, hoje em dia a norma é dividida em sete partes que foram adicionadas ao decorrer do tempo, contendo um sucinto sistema de classificação das informações, pois a NBR voltada ao BIM surgiu para que a aplicação da metodologia seja adequada com conexão das informações entre as fases de estudo e operação, visando padronizar a nomenclatura utilizada na técnica no país, as sete partes são:

- ABNT NBR 15965-1:2011 – Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 1: Terminologia e Estrutura;
- ABNT NBR 15965-2:2012 – Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 2: Características dos Objetos da Construção;
- ABNT NBR 15965-3:2014 – Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 3: Processo da Construção;
- ABNT NBR 15965-4:2021 - Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 4: Recursos da Construção
- ABNT NBR 15965-5:2022 – Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 5: Resultados da construção
- ABNT NBR 15965-6:2022 – Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 6: Unidades e espaços da construção
- ABNT NBR 15965-7:2015 – Sistema de Classificação da Informação da Construção – Parte 7: Informação da Construção

Araujo (2022) destaca que a ABNT NBR 15965 é composta por 13 Tabelas que foram desenvolvidas com base às 15 Tabelas da *OmiClass* e foram moldadas para que se encaixassem com a realidade estabelecida no Brasil dentro das condições disponíveis no país, através dessas informações é possível verificar em Gonzaga (2021) o significado do termo "*OmiClass*", nada mais é que um sistema manuseado pelo mercado da construção dos Estados Unidos e Canadá.

De acordo com Gonzaga (2021) a importância da homogeneidade na utilização da metodologia BIM no Brasil é destacada, pois trata-se de uma nova tecnologia onde é importante aplicação da horizontalidade nas ações da ferramenta visando a padronização e inserção no mundo voltado a construção civil.

Em sequência Gonzaga (2021) diz que o fato de a metodologia BIM ser uma inovação, existe um bloqueio para o emprego da NBR 15965, especialmente no Brasil, e destaca que esse processo é lento pois as tecnologias são implantadas inicialmente nos países mais evoluídos que estão localizados continentes como Europa, Ásia e América do Norte, sendo assim, os países da América do Sul a serem os últimos a adotarem novas metodologias construtivas.

Mohr (2020) destaca que através da padronização estabelecida ABNT NBR 15965 é possível existir o trabalho colaborativo no país aplicado, utilizando a metodologia BIM

durante toda sequência da edificação. Através dessas ações estabelecidas na NBR comenta que é possível utilizar os benefícios do BIM impulsionando a construção civil brasileira.

Por fim, Nabhan (2018) diz que é necessário que todos os profissionais sigam as orientações presentes nas normas para terem seguranças em seus processos, mesmo que os engenheiros brasileiros tenham noções da importância quanto ao comprometimento para o cumprimento das NBR's vale destacar que toda e qualquer NBR é feita através de muitos estudos antes de sua publicação, para que todo o processo e resultado esperado sejam atingidos.

Portanto, sabe-se que o descumprimento de tais normas tem como consequência grandes penalidades devido ao surgimento de problemas oriundos do não cumprimento do que está escrito na norma.

Além das ABNT NBR, existem decretos que incentivam a disseminação da metodologia BIM no território brasileiro, que serão abordados no tópico seguinte.

### 2.1.3. REGULAMENTAÇÕES BIM NO BRASIL

Com o crescimento da utilização da metodologia BIM ao redor do mundo, foram estabelecidos alguns decretos no Brasil com o intuito de incentivar a aplicação do sistema BIM no país, a seguir serão citados dois decretos, o primeiro instalado em 2018, e o segundo criado posteriormente no ano de 2020, que serão detalhados abaixo.

#### 2.1.3.1. DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018

O decreto estabelece que o uso do *Building Information Modelling* (BIM) será obrigatório a partir de 2021 em projetos e construções no Brasil. A partir da assinatura do decreto os trabalhos de comitês em território brasileiro uniam forças para implantar a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM ou Estratégia BIM BR, proposta pelo Governo Federal. Com isso, o decreto estabelece metas, dentre elas o aumento em 10 vezes da implantação do BIM, com perspectiva para que até 2024, 50% do PIB da Construção Civil tenha adotado a metodologia. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), nos dias de hoje, 9,2% das empresas do setor de construção utilizam o BIM como metodologia de trabalho.

Por fim, o decreto complementa citando que a principal proposta da Estratégia BIM BR considera que inserção no Poder Público seja feita de forma progressiva, para que, consequentemente exista tempo de adaptação ao mercado e ao setor público. O professor e especialista afiliado do Comitê Estratégico de Implementação do BIM, Sergio Scheer acredita que a utilização do BIM irá refletir positivamente no setor da construção civil, com a minimização de desperdício e retrabalho, ocorrendo o melhor aproveitamento do recurso público. A partir desses atos, existe uma expectativa que a redução dos valores pode chegar em até 20%, segundo estudos realizados pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

O Quadro 1, resume os objetivos específicos da Estratégia BIM BR, constados no Art. 2º do decreto Nº 9.377, de 17 de maio de 2018.

Quadro 1 – Objetivos específicos da estratégia BIM BR.

| **Objetivos da estratégia BIM BR** |
|---|
| Difundir BIM e seus benefícios |
| Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM |
| Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM |
| Estimular capacitação em BIM |
| Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM |
| Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM |
| Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM |
| Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM |

Fonte: Adaptado Câmara dos Deputados (2018).

Além dos objetivos citados acima, a Estratégia BIM BR tem concentrado seu trabalho em perspectivas positivas e estimulantes com a determinação de uso do BIM. A Figura 5, representa indicadores e metas até 2028 da Estratégia.

Figura 5 – Metas e Indicadores até 2028.

Fonte: Gonzaga (2021).

### 2.1.3.2. DECRETO 10.306/2020

O decreto 10.306/2020, foi aprovado no dia 02 de abril de 2020, e ficou conhecido como “Decreto BIM 2020”. O intuito do decreto é estabelecer o aproveitamento do BIM nas atividades diretas ou indiretas de obras e serviços de engenharia, efetuados pelos órgãos e pelas entidades da gestão pública federal.

Através do decreto, o governo pretende incentivar o desenvolvimento na área da construção civil, focando a otimização do processo de compras públicas a partir da economia e transparência quanto aos processos licitatórios, assim como, apoiar com processos de manutenção e gerenciamento de ativos. De acordo com o ART. 2º, os órgãos públicos serão ligados às ações de disseminação da estratégia, sendo eles:

- Ministério da Defesa:
  - Exército;
  - Marinha;
  - Aeronáutica;
- Ministério da Infraestrutura:
  - Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC);
  - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Portanto, o decreto conclui que, os órgãos citados acima são considerados pioneiros na estratégia de impulsionar a disseminação e adoção da utilização da

metodologia BIM. De acordo com o decreto, a partir de 1º de janeiro de 2021, as empresas que prestarem serviços a esses órgãos deverão seguir a metodologia. Seguindo a ideia de que seja implantando o BIM em outros órgãos públicos mesmo sem a obrigatoriedade.

A partir das informações citadas acima, no Quadro 2, representa o resumo do período e as exigências divididos em três fases para implementação do BIM de forma gradativa, tais fases estão estabelecidas no ART. 4º do decreto 10.306/2020, de 02 de abril de 2020.

Quadro 2 – Prazos para implementação do Decreto BIM 2020.

| ETAPAS | OBJETIVOS |
|---|---|
| **1ª FASE: JANEIRO de 2021** | • Elaboração de modelos para Arquitetura e Engenharia (arquitetura, estrutura, hidráulica, AVAC e elétrica);<br>• Compatibilização, e detecção de interferências físicas e funcionais entre as diversas disciplinas do modelo BIM;<br>• Extração de quantitativos;<br>• Geração de documentação gráfica extraída dos modelos. |
| **2ª FASE:JANEIRO de 2024** | • Os usos previstos na 1ª fase;<br>• Orçamentação, planejamento e controle da execução de obras;<br>• Atualização dos modelos e de suas informações como construído ("*as built*") para obras cujos projetos tenham sido em BIM. |
| **3ª FASE: JANEIRO de 2028** | • Os usos previstos na 1ª e na 2ª fase;<br>• Gerenciamento e manutenção do empreendimento após a sua construção (comissionamento, operação, manutenção, reforma) cujos projetos e obra tenham sido executados em BIM. |

Fonte: Adaptado União (2020).

### 2.1.4. MODELAGEM EM N DIMENSÕES

Segundo Lee *et al.* (2005), o BIM tem como função integrar todas as áreas presentes desde a fase de projetos até a execução, orçamentos, planejamento e controle representadas pelos profissionais que fazem parte da equipe. Um modelo "nD" é uma ampliação de informações voltadas a uma edificação, contendo todas informações necessárias de projeto exigidas em cada fase das etapas de uma instalação de construção.

A partir desses dados, percebe-se que o modelo de informação de construção (BIM) tem a funcionalidade de uma memória voltada a modelos contendo informações

de projeto de construção, assim como, sobre construção, gestão, operação e manutenção, vinculadas ao nível/dimensão do modelo.

Posteriormente Lee *et al.* (2005) diz que a partir da utilização do banco de dados existente, diferentes perspectivas das informações são automatizadas, tais 'perspectivas' 'correspondem' a documentos de projeto tradicionais, como plantas, seções, elevações e tabelas. Como os arquivos pertencem ao mesmo banco de dados tem como resultado serem coordenados e precisos, ou seja, qualquer alteração feita no modelo será automaticamente refletida nos demais desenhos daquele projeto.

Cada nível de detalhamento corresponde a diferentes nomenclaturas a partir do "nD", como, 3D,4D,5D,6D,7D... "nD", sabendo que cada número adicionado no local do "n" representa diferentes ferramentas aplicadas, entretanto, Atrium (2021) descreve que 3 dimensões (3D) são suficientes para criação de um projeto arquitetônico, sendo as demais dimensões com suas respectivas adições a partir do modelo em 3D, fazendo com que, o projeto fique mais completo com o máximo de detalhamento e compatibilização possível.

De acordo com Ribeiro (2020), a adoção da tecnologia BIM refletiu positivamente gerando diversos ganhos para a área do AEC, fazendo com que os projetos sejam mais precisos no seu detalhamento, destacando que é mais comum trabalhar com um total de 7Ds. Os níveis citados acima estão detalhados no Quadro 3.

Quadro 3 – Nível de detalhamento BIM mais comuns com suas respectivas ferramentas.

| **NÍVEL DE DETALHAMENTO** | **FERAMENTAS** |
|---|---|
| **BIM 3D- Modelo Virtual** | • Modelo do entorno existente;<br>• Geometria tridimensional;<br>• Logística, segurança e saúde;<br>• Fotorrealismo, animações e edições de vídeo. |
| **BIM 4D – Planejamento Físico da Obra** | • Simulação detalhada da construção;<br>• Simulação das fases de projeto. |
| **BIM 5D – Orçamento** | • Obtenção dos quantitativos para estimação dos custos;<br>• Verificação de contratos mediante ao modelo de construção virtual;<br>• Método do valor agregado;<br>• Solução para pré-fabricação. |

| | |
|---|---|
| **BIM 6D – Sustentabilidade** | • Análise energética conceitual;<br>• Análise energética detalhada;<br>• Certificação do edifício sustentável;<br>• Certificação LEED. |
| **BIM 7D – Gerenciamento e manutenção** | • As *biult* (como construído);<br>• Estratégia do ciclo de vida;<br>• Livro de manutenção do edifício;<br>• Manutenção do plano e suporte técnico;<br>• Informações sobre o arquivo BIM em troca formato digital. |

Fonte: adaptado Zaccari (2018).

Ribeiro (2020) comenta que as dimensões mais comuns utilizadas vão até o 7D, porém Arnal (2018) cita que o professor Ignasi Pérez Arnal, foi além das 7 dimensões e criou a "Teoria das Dimensões 10D BIM". A teoria citada é considerada por Ignasi Arnal perfeita, pois faz o alinhamento de todos os agentes que comtemplam o ciclo de vida de uma edificação até chegar à fase de construção industrializada, conhecida como 10D.

No Quadro 4, são encontradas as Dimensões presentes na "Teoria das Dimensões 10D BIM", que não estão presentes no Quadro 3, considerada por Ribeiro (2020) como as dimensões tradicionais.

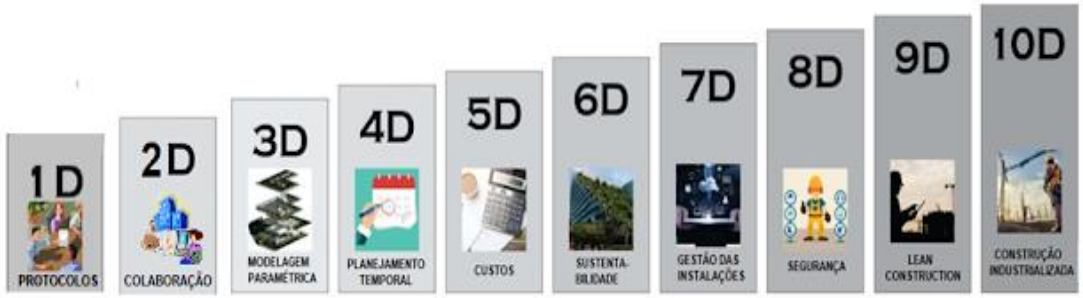
Quadro 4 – Níveis de detalhamento BIM, presentes na Teoria das Dimensões 10D BIM não presentes no Quadro 3, com suas respectivas ferramentas.

| NÍVEL DE DETALHAMENTO | FERAMENTAS |
|---|---|
| **BIM 1D- Protocolos** | • Implantação de protocolos BIM em um país ou organização. |
| **BIM 2D – Colaboração** | • Introdução de fluxos de *worksflows* colaborativos ou trabalho colaborativos;<br>• Novas maneiras de contratar;<br>• Novas maneiras de criar um compromisso com soluções de gerenciamento integradas. |
| **BIM 8D – Segurança** | • Voltada para o conceito de Acidente Zero, para segurança e saúde durante o projeto e fase de manutenção das construções; |
| **BIM 9D – *Lean Construction*** | • Introdução da filosofia de gestão enxuta no setor da construção, chamada de construção enxuta. |
| **BIM 10D – Construção Industrializada** | • Objetivo comum de todas as outras dimensões que é industrializar a construção;<br>• Transformar o setor de construção em um setor mais produtivo;<br>• Integrando as novas tecnologias através de sua digitalização. |

Fonte: Adaptado Arnal (2018).

Por fim, a Figura 6, resume todas as 10 dimensões possíveis para serem utilizadas na metodologia BIM. É válido destacar que nesse trabalho serão utilizados os níveis do 3D – Modelo Virtual ao 4D – Planejamento Temporal.

Figura 6 – Dimensões utilizadas na teoria dos 10D BIM.




Fonte: Almeida (2019).

## 2.2. BENEFÍCIOS DO BIM

Como citado anteriormente a metodologia BIM tem como sua principal característica a inovação voltada a área do AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), e paralelamente a inovação existem vários outros benéficos destinados para a adoção da metodologia, pois o sistema BIM representa uma melhor produtividade no âmbito dos projetos, logo, a seguir serão destacados alguns dos principais benefícios para o emprego dessa metodologia, tais benefícios foram aplicados diretamente no estudo em questão.

### 2.2.1. INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade ocorre quando dois ou mais sistemas conseguem trabalhar em conjunto (interoperar), mas sem que um dependa da tecnologia do outro. (Marques,2021). Em resumo, a interoperabilidade é a comunicação eficaz entre sistemas diferentes.

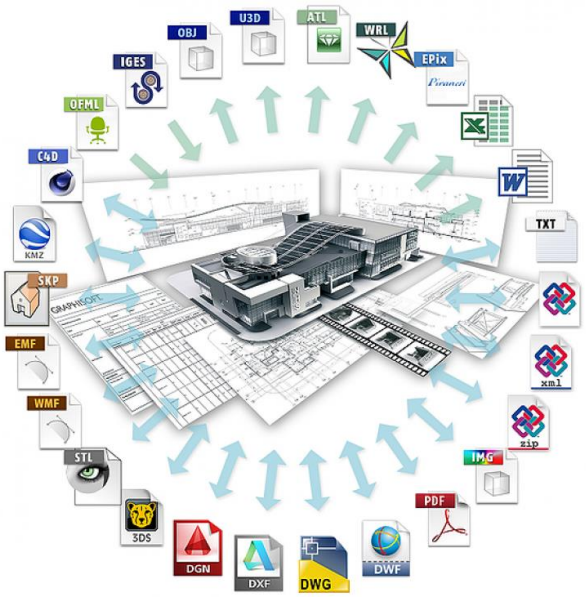
Diante disso, Gomes (2020) afirma que a interoperabilidade proporciona a possibilidade de troca de informações sem perda dos dados necessários entre diferentes tipos de *softwares* utilizados em projetos presentes em uma edificação, fazendo a integração desde o projeto arquitetônico até os complementares, desde que, os *softwares* utilizados pertençam a metodologia BIM. Esse meio faz com que seja possível a revisão automática quando o modelo referido tem alguma alteração, excluindo dessa forma, a possibilidade de atualização individual das vistas por quem projeta.

Em concordância com Gomes (2020), Eastman *et al.* (2014) comenta sobre a interoperabilidade como uma ferramenta importante dentro da metodologia BIM, pois seu cargo é basicamente trocar informações através de *softwares*, utilizados no decorrer da criação de um projeto. Fazendo com que seja possível a troca de dados eficaz entre diferentes profissionais otimizando o tempo de criação de projetos.

> A empresa McGraw Hill Construction fez um estudo e estimou que 3,1% dos custos dos projetos tem relação direta à problemas de interoperabilidade entre programas utilizados. Dessa forma, é possível notar que a questão da interoperabilidade se apresenta como um ponto chave para o desenvolvimento de um projeto em BIM. (DARÓS, 2019)

A Figura 7 apresenta o detalhe de uma edificação com os possíveis formatos gerados a partir de seus projetos, para que trabalhem paralelamente, ocorrendo a interoperabilidade destacada acima.

Figura 7 – Arquivos para interoperabilidade.



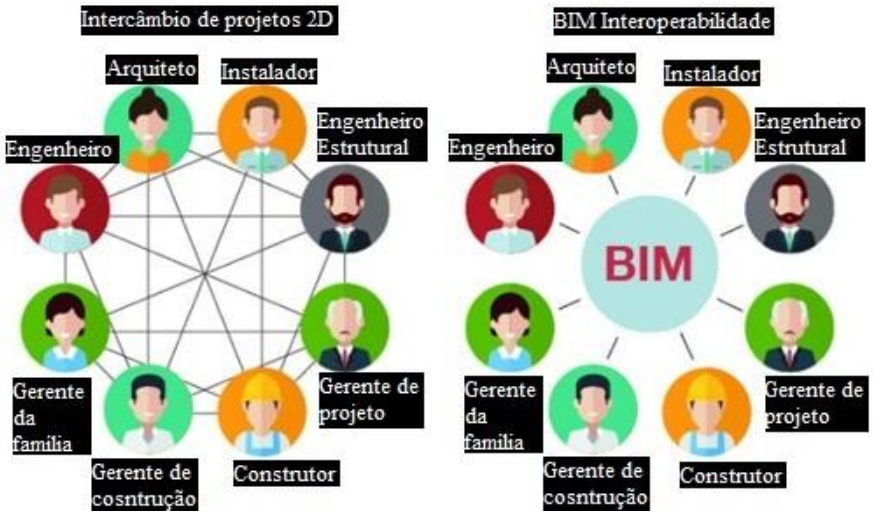

Fonte: Darós (2019).

De acordo com Gomes (2020) com o crescente avanço da globalização, a tecnologia CAD vem perdendo espaço no mercado, saindo do seu protagonismo e ficando em segundo plano apenas como uma ferramenta de suporte.

Diante dessa problemática, o BIM possibilita a solução para as incompatibilidades encontradas pelo uso do CAD, como a perda de dados, que é considerada um dos principais quesitos para erros dos projetos em 2D, que por sua vez, a solução é feita através do vínculo entre os *softwares* do processo BIM, tal vinculo é a interoperabilidade.

A Figura 8 demonstra um esquema detalhado do trabalho realizado em projetos 2D e a interoperabilidade realizada pelo mundo BIM, com isso, observa-se que existem dificuldades quanto ao trabalho de projetos em 2D pois faz com que tenha uma conexão complexa em relação a interoperabilidade BIM, procedimento que permite que o processo de produção seja mais compacto e enxuto entre os participantes do empreendimento.

Figura 8 – Intercâmbio de projetos e interoperabilidade BIM.




Fonte: Adaptado Darós (2019).

Darós (2019) cita que a importância para o crescimento da utilização e do estudo do BIM reflete em prestígio para a interoperabilidade dentro da indústria da construção, pois devido a possibilidade de a criação dos modelos tridimensionais do projeto serem compartilhados entre todas as partes envolvidas, representa a facilidade de comunicação diretamente com a obra, desde o cliente até a equipe executiva.

Segundo Eastman *et al.* (2014), se existisse a necessidade de copiar manualmente toda vez que um modelo BIM migrasse entre plataformas, minimizaria drasticamente as interações presentes na fase de projeto, destacando a real importância da interoperabilidade na prática.

### 2.2.2. INDUSTRY FOUNDATION CLASS (IFC)

Segundo Manzione (2013), ao mencionar a tecnologia BIM, tem-se o formato *Industry Foundation Classes* mais conhecido pela sigla (IFC), como um dos principais meios de comunicação entre *softwares* dessa metodologia. IFC é o modelo de informações que estabelece como trocar ou compartilhar dados de uma edificação.

Entretanto não padroniza as estruturas de informações em diferentes *softwares*, estando restrito exclusivamente ao padrão dos dados partilhados.

Em sequência Manzione (2013), comenta que o IFC vem com constantes melhorias desde sua primeira versão em 1997, ano em que surgiu a primeira versão chamada de “1.0”, de 1997 até os dias atuais depois de muitas modernizações, é encontrado atualmente na versão 2x4, lançada no início do ano de 2012. Tais mudanças e atualizações foram feitas para chegar o mais próximo da relação dos envolvidos no ciclo de vida de uma obra.

Por fim, Eastman *et al.* (2014) cita que o surgimento do IFC partiu do princípio de ser um exemplo no compartilhamento de dados na área da indústria AEC. Pois é um formado compatível praticamente com todos os *softwares* BIM, sendo conhecido pelo fato de possuir um formato independente, sendo assim, apropriado para constituir um conjunto muito amplo de dados voltados ao projeto, existindo continuamente a possibilidade de ampliação.

## 2.3. SOFTWARES UTILIZADOS

### 2.3.1. REVIT ®

Segundo Autodesk (2021), *Revit* é um *software* auxilia as equipes arquitetura, engenharia e construção (AEC) a originar obras e infraestrutura de alta aptidão, com utensílios específicos para cada setor citado anteriormente, tais utensílios podem ser trabalhados em um espaço de modelagem unificado. O uso da ferramenta é recomendado para modelar formas, estruturas e conjuntos tridimensionais com precisão paramétrica e prontidão. Além das funções citadas o *software* funciona como a base, e sustentação das informações dentro de um processo que envolve a metodologia BIM.

Carvalho (2017) diz que o *Revit* tem poderosas ferramentas que concedem a utilização do desenvolvimento inteligente por meio dos modelos para planejar, projetar, construir, e gerenciar grandes obras, oferecendo assistência para uma edificação com vários projetos, no quesito dos trabalhos colaborativos.

As informações citadas por Carvalho (2017) estão de acordo com as ideias de Gomes (2020), pois o autor diz que o *Revit* é um *software* que está diretamente relacionado a metodologia BIM, tal ferramenta é comercializado pela *Autodesk* desde o

ano de 2000, no qual, sua principal funcionalidade é a criação de modelos em três dimensões, conhecido popularmente como modelo em 3D, aliado a parametrização de objetos.

Dentre as aplicações e vantagens do *software* de acordo com Autodesk (2021), suas principais funcionalidades, são destacadas a seguir:

- Execução de projetos com mais eficiência;
- Unificação de equipes e fluxos de trabalho;
- Comando de seus dados de projeto.

Para Gomes (2020) uma das principais funcionalidades do *software* é a existência do vínculo entre os elementos criados e suas respectivas vistas, pois após a exclusão ou alteração de um elemento em uma determinada vista, é automaticamente replicado para as demais.

Em resumo, Autodesk (2021) afirma que "O *Revit* é usado para projetar, documentar, visualizar e entregar projetos de arquitetura, engenharia e construção"

### 2.3.2. EBERICK ®

Segundo Santos (2015) *Eberick* é um *software* pertencente a empresa brasileira *AltoQi,* com funcionalidade de desenvolver projetos estruturais, de acordo com os critérios estabelecidos na NBR 6118/2014. O *software* absorve parâmetros estruturais para modelar elementos estruturais, fazendo com que a estrutura modelada contemple a plataforma BIM. No *software* é possível definir materiais e espaços empregues na obra, até que finalize as características de um projeto para seguir para a execução.

Em seu estudo Mariano (2015) diz que o *Eberick* é um *software* surgiu no ano de 1996, no qual sua criação foi dada como a solução para a integração entre outros *softwares* estruturais utilizados na época, após algumas adaptações da utilização e funcionalidade de *softwares* anteriores, tornou-se uma a alternativa ideal para aquele período. Com o passar do tempo ganhou espaço no mercado e vem com frequentes atuações em grandes obras até os dias de hoje, sendo um dos *softwares* mais utilizados na área de projeto estrutural.

De acordo com a empresa criadora *AltoQi* (2022) o *Eberick* é um *software* pertencente a área de estruturas. Dentre os processos existentes no *software* estão

presentes o dimensionamento segundo as NBR's brasileiras, a organização de pranchas finais de detalhamento dos elementos calculados na estrutura dimensionada, assim como, permite a exportação e importação de arquivos IFC, permitindo a compatibilização, tal como, realiza a geração automatizada de memorial de cálculo e resumo de materiais.

Em outras palavras, o *Ebreick* pode ser definido como um "*Software* para elaboração de projetos estruturais em concreto armado moldado in-loco, pré-moldado, alvenaria estrutural e estruturas mistas, com recursos que abrangem todas as etapas do projeto." (*AltoQi*, 2022)

Por fim, *AltoQi* (2002) cita que o *Eberick* contém um espaço em *CAD* próprio, com artifícios característicos para criação de pilares, vigas, lajes, escadas, reservatórios, muros e elementos de outros materiais. O exemplar projetado é facilmente visualizado em uma vista tridimensional (3D) que representa o pórtico, facilitando observar as características da estrutura projetada.

### 2.3.3. NAVISWORKS ®

Segundo Autodesk (2021), *Navisworks* é um *software* de análise de projeto, com características presentes para aprimorar a organização de modelagem de informação da construção (BIM, *Building Information Modeling),* apresentando a finalidade de unir informações do projeto e construção em um modelo específico, identificando possíveis problemas existentes antes da execução da obra visando solucionar interferências que possam causar dificuldades durante o desenvolvimento da edificação, com isso, agrega importantes dados de múltiplas especialidades com o intuito de controlar resultados melhores para execução.

Além das informações citadas acima, o *software* permite controlar cronogramas e custos através da simulação 4D e 5D, fazendo com que seja possível a animação entre as etapas existentes no modelo, deixando mais claro todo o desenvolvimento da obra.

De encontro com as ideias de Autodesk (2021), Carvalho (2017) diz que o *Navisworks* é um *software* de análise de projetos que permite aos profissionais do AEC, examinarem de maneira completa com as informações pertencentes introduzidas a uma edificação com o intuito de otimizar os resultados no processo de criação e execução de um projeto.

## 2.4. MODELAGEM EM 3D – MODELAGEM PARAMÉTRICA

Lira (2019) cita que a criação da modelagem em 3D foi um momento revolucionário na área de projetos, pois com a chegada da metodologia 3D BIM, diversos projetistas foram contemplados com a possibilidade da utilização de maquetes no espaço virtual, fazendo com que deixassem de lado a apresentação de projetos em figuras geométricas, tornando desta forma uma representação mais próxima da realidade para clientes e funcionários.

Segundo Gonçalves (2017), a modelagem em 3D, também é conhecida como o modelo paramétrico do projeto, ou seja, é o protótipo virtual da edificação. Na modelagem em 3D, é possível elaborar todos os projetos de uma edificação em três dimensões, além de existir elementos que possuem informações utilizadas nas etapas seguintes da obra, como: planejamento, orçamentação, gestão entre outros níveis estabelecidos em uma construção.

Ibec (2021) argumenta que com o constante avanço da globalização as descobertas tecnológicas ganharam espaço nos últimos anos em muitas atividades econômicas, na engenharia civil, não poderia ser diferente e caminha paralelamente a esses avanços com tecnologias que tornam as demandas mais precisas e fáceis, dentre os avanços na engenharia o BIM 3D se faz presente nesse desenvolvimento, diante disso, é considerado um avanço notável para a engenharia civil dispondo como principal consequência a redução da probabilidade de erros, fazendo com que seja possível a execução da obra nos prazos definidos e com uma previsão de custos mais precisa.

Em seu estudo Farias (2020) diz que a modelagem BIM 3D, permite a análise realista e o desenvolvimento do BIM na prática, onde os projetos são realizados com informações necessárias para os próximos níveis da metodologia, como BIM 4D e o BIM 5D. O modelo BIM 3D consiste na existência de referências precisas quanto a comparação em projetos utilizando o 2D, ou seja, a utilização do BIM 3D é de extrema importância para o estudo em obras e principalmente em projetos, vale destacar que não necessariamente um modelo em 3D está dentro do BIM, porque para pertencer a metodologia é importante utilizar as ferramentas adequadas para a modelagem existente.

Garibaldi (2020) considera o BIM 3D como provável nível do BIM mais conhecido pelos usuários da metodologia, devido a sua capacidade de reunir relevantes

informações gráficas e não gráficas que facilitam o entendimento de todos envolvidos em uma obra, levando o compartilhamento dessas informações para os presentes no sistema construtivo. O BIM 3D permite a utilização de utensílios sofisticadas para os modelos digitais concedendo a criação de renderizações realistas dos elementos projetados. Com isso, o Quadro 5 destaca os principais benefícios da dimensão 3D.

Quadro 5 – Benefícios da modelagem BIM 3D.

| **Benefícios do BIM 3D** |
|---|
| Visualização 3D otimizada de todo projeto |
| Comunicação e compartilhamento simplificados das expectativas e etapas do projeto |
| Auxílio a logística |
| Redução de retrabalho |
| Revisões face à transparência do projeto desde seu cerne |

Fonte: Adaptado Garibaldi (2020).

## 2.5. MODELAGEM 4D – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA

Segundo Eastman *et al.* (2014) o surgimento da modelagem e materiais em 4D foi no ano de 1980, através da elaboração de complexos projetos de infraestrutura daquela época, devido à grande existência erros na questão organizacional, do planejamento gerando consequências diretas no orçamento da obra, tornou-se necessário a utilização de uma modelagem para solucionar tais problemas citados. Diante disso, Sakamori (2015) cita em seu trabalho que a desorganização de etapas em um empreendimento resulta em significativas percas de prazo, custo, lucro e até mesmo o retorno do investimento feito.

Em seu estudo Júnior (2017) afirma que uma das ramificações da modelagem BIM 4D, é representada através do modelo 3D vinculado ao tempo, tal metodologia permite aos profissionais da construção civil e engenharia benefícios relacionados a gestão e controle de projetos em obras de pequeno, médio e grande porte. Ou seja, a modelagem em 4D é habilitada para prevenir possíveis interferências, e com isso, prever prováveis soluções, fazendo com que tenha como consequência uma maior utilidade voltada para projetos que adotam essa modelagem.

Em sequência Júnior (2017) afirma que a união do cronograma ao projeto, reflete em ótimos benefícios, pois é possível enxergar de forma clara e precisa os avanços de uma obra, verificando o andamento das etapas que são dependentes entre si, permitindo existir uma flexibilidade em relação a reorganização seja de tempo, de mão de obra, tarefas ou até mesmo de possíveis medidas de prevenção se necessário.

Gonçalves (2017) explica que "na modelagem 4D é possível associar o modelo elaborado ao cronograma da obra, vincular tarefas, tempo e gerar um planejamento visual de andamento da obra, proporcionando ao engenheiro de execução ou gerente de projeto acompanhar o avanço físico de cada etapa."

Eastman *et al.* (2014) cita a modelagem 4D como um excelente instrumento para detectar grandes problemas e desenvolver melhorias para a colaboração entre as partes envolvidas no projeto. Apontando assim, os principais benefícios da modelagem em 4D, destacados na Quadro 6.

Quadro 6 – Benefícios da modelagem em 4D e suas respectivas descrições.

| BENEFÍCIO | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| **Comunicação** | • Visualização do processo construtivo planejado entre todas as partes da edificação;<br>• Fácil integração entre aspectos temporais e espaciais de um cronograma, mais eficiente que o diagrama de *Gantt* tradicional. |
| **Contribuição de múltiplas partes interessadas** | • Apresentação a leigos em impactos que um projeto pode trazer para uma comunidade, desde o tráfego, até a um acesso a um hospital. |
| **Logística do canteiro** | • Administração de áreas de armazenamento, locação de maquinário, acessos ao canteiro de obras. |
| **Coordenação de disciplinas** | • Coordenação de fluxo no tempo e espaço dos projetos presentes no canteiro, assim como, de trabalho em equipe. |
| **Comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção** | • Verificação de projetos com um planejamento prévio e identificação precisa do andamento da obra. |

Fonte: (adaptado Eastman *et al.* (2014)).

### 2.5.1. COMPATIBILIZAÇÃO – BIM 4D.

GPSKal (2017) afirma que grandes problemas identificados em uma edificação se dão pelos conflitos encontrados nos projetos elaborados, porém explica que através da

compatibilização, os possíveis erros são encontrados e com o auxílio de *softwares* são solucionados antes que chegue na obra. Também afirma que a falta de integração entre os projetos acarreta na identificação do problema apenas com o processo da obra andando sendo necessário bruscas alterações na etapa construtiva como o desvio de elementos de última hora, assim como, a demolição de elementos construídos.

Em seguida GPSKal (2017) destaca que a compatibilização é um estágio de extrema importância para uma obra, pois evita possíveis problemas na integração entre projetos, através do processo de compatibilização os projetos envolvidos no empreendimento são sobrepostos, dentre os principais podem ser citados o arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico. Portanto, a compatibilização tem papel fundamental para uma execução livre de problemas.

Araújo (2018) cita sobre a compatibilização realizada através do BIM corresponde a análise dos elementos presentes na construção de todas as disciplinas portas e janelas (arquitetônico), pilares, vigas e lajes (estrutural), eletrodutos, tomadas e interruptores (elétrico), tubos de água e esgoto (hidrossanitário) estão percorrendo o caminho preciso, sem interferências, com essas informações, conclui que é comum acontecer erros entre a integração dos projetos realizado na metodologia 2D, entretanto, com o BIM é possível verificar tais erros antes da obra, logo as ideias citadas são de acordo com as de GPSkal (2017).

Com o BIM, o profissional leva o modelo para a obra já para colocar a mão na massa e construir. Sem perder dinheiro, materiais e o mais importante: tempo. (Araújo, 2018).

Araújo (2018) comenta sobre a dificuldade em encontrar interferências entre elementos de diferentes projetos por projetistas que trabalham no formato tradicional (2D) e afirma que quanto maior o empreendimento, maior são as chances de acontecer possíveis erros, com isso, a utilização do BIM voltada a análise de interferências é feita de forma automática com a utilização de *software* destinado para essa finalidade.

Júnior (2019) cita em seu estudo sobre a importância da economia e a otimização caminharem paralelamente para melhorias no mercado da construção civil no Brasil principalmente em períodos de crise e escassez de mão de obra, logo a compatibilização se apresenta como uma solução para os problemas citados, porém existem desafios para que essa prática seja implementada.

Por fim, Júnior (2019) diz que existem quatro principais desafios enfrentados para a compatibilização no Brasil, são eles:

- Prazos curtos, pois a análise de interferências é trabalhada em segundo plano devido ao tempo para entrega de projetos;
- Visualização de situações 3D a partir de desenhos 2D, ou seja, é recomendável a utilização da metodologia BIM 3D para compatibilização pois em 2D não é possível fazer o estudo completo;
- Diversidade de disciplinas, pois afirma que é necessário uniformizar programas, nomenclaturas e linguagens;
- Comunicação, integração e coordenação três pilares para a integração da metodologia BIM na compatibilização de projetos visando estimular a participação de profissionais envolvidos.

Entre afirmações de GPSKal (2017) e as de Ribeiro, Souza e Albino (2015) existe uma conexão, pois Ribeiro, Souza e Albino (2015) dizem que a compatibilização de projetos tem a função de verificar e resolver interferências que possam vir a acontecer durante o decorrer da obra, com isso minimiza o retrabalho, e poupa horas de trabalho fazendo com que evite procedimentos que não agreguem benefícios a edificação.

A compatibilização de projetos requer investimentos de até 2% do custo da obra, mas gera uma economia entre 5% e 10% no custo final. (GPSKal, 2017).

Através das informações passadas acima, é possível estimar o custo de uma edificação, que nada mais é que calcular o valor aproximado gasto para a conclusão da obra. Para auxiliar na estimativa do valor da obra será utilizado o CUB/m², ou seja, o Custo unitário básico de construção.

Custo Unitário Básico (CUB) é considerado um dos principais indicadores da construção civil, é um dos mais importantes parâmetros de custo do setor. (Stant, 2020).

Stant (2020) diz que o valor do CUB deve ser calculado mês a mês pelo sindicato da indústria da construção civil (SINDUSCON), baseando-se nos valores dos materiais e serviços relacionados aos trabalhos para cada estado que o sindicato atua. Sabe-se que o orçamento de uma edificação corresponde a uma das fases mais herméticas e passíveis de erros, por esse motivo o CUB é uma alternativa de grande importância para esse setor.

Assim o CUB na construção civil é um artificio fundamental para que a obra tenha sucesso, pois tem a função de contribuir para uma gestão de custos e recursos otimizada.

Em seu estudo Stant (2020) cita que os parâmetros utilizados para calcular o CUB na construção civil são prescritos através da ABNT/NBR 12721:2006, onde a norma prescreve que no cálculo do CUB são considerados os itens de materiais de construção, a mão de obra utilizada e os equipamentos, não comtemplado pelo CUB elementos particulares de casa projeto. Por outro lado, a NBR aponta que alguns itens não entram nesse cálculo, com destaque para fundações, projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações.

Para contribuir no custo de cada etapa da obra, Gualberto (2021) realizou em seu estudo a variação de custos de cada etapa da construção, listadas no Quadro 7 que representa cada etapa disposta na obra e seu respectivo o custo em relação ao valor final gasto, logo Gualberto (2021) divide uma obra em 14 principais tópicos e partir dessa divisão é estimado a variação de custo em porcentagem (%). Tais informações citadas anteriormente estão reproduzidas no Quadro 7 situado a seguir.

Quadro 7 – Etapas da obra e sua respectiva variação de custo no valor final gasto.

| **Nº** | **ETAPA** | **VARIAÇÃO DO CUSTO** |
|---|---|---|
| 1 | Serviços preliminares | 2,5% a 3,5% |
| 2 | Movimento de terra | 1% |
| 3 | Infraestrutura | 6,5% a 7% |
| 4 | Superestrutura | 17% a 20% |
| 5 | Vedação | 6% a 10% |
| 6 | Esquadrias | 2% a 4% |
| 7 | Cobertura | 0,50% |
| 8 | Instalações hidrossanitárias | 11% a 13% |
| 9 | Instalações elétricas | 4% a 5% |
| 10 | Impermeabilização e isolação térmica | 10% a 13% |
| 11 | Revestimento (piso, paredes e forros) | 17% a 23% |
| 12 | Vidros | 3,5% a 6,5% |
| 13 | Pintura | 4,5% a 6,5% |
| 14 | Serviços complementares | 2% a 3% |

Fonte: (adaptado Gualberto (2021)).

# 3. METODOLOGIA

Segundo Martins e Rodrigues Junior (2019), pode-se constatar que o BIM é aplicável em projetos de residências unifamiliares, em destaque as de alto padrão, visto que é possível realizar o conhecimento de detalhes no projeto e, consequentemente, permite mais clareza no gerenciamento e execução da obra.

## 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho tem como finalidade a utilização de artigos, teses e dissertações, bem como *softwares* para realizar o estudo de caso de uma edificação na cidade de Petrolina-PE, através do uso da metodologia BIM com o intuito de verificar a quantidade de interferências entre projetos e solucioná-las correspondendo a eficiência de custo e tempo.

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados. (GIL, 2008, p.57).

O estudo de caso pode, pois, ser utilizado tanto em pesquisas exploratórias quanto descritivas explicativas. (GIL, 2008 p.58).

Com as informações citadas acima, é dada continuidade ao estudo nos tópicos a seguir, onde serão apresentados a localização e características do imóvel, bem como os níveis de BIM utilizados com suas respectivas finalidades para a conclusão do estudo.

## 3.2. LOCALIZAÇÃO DO IMÓVEL

O imóvel está localizado no município de Petrolina, no interior do estado de Pernambuco, no sertão, como pode ser observado na Figura 9, o município está a uma distância de 712 km para capital do estado Recife - PE, possuindo uma área territorial de 4.561,87 km². A cidade faz divisa com Juazeiro - BA, Sobradinho - BA, Casa Nova - BA e Dormentes - PE. De acordo com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a estimativa da população do município, em 2021 era de 359.372 habitantes.

Figura 9 – Mapa do território de Pernambuco com destaque para a localização de Petrolina – PE.

Fonte: Sesc (2016).

### 3.2.1. CARACTERISTÍCAS DO IMÓVEL

A residência está localizada na Travessa Mário de Melo, número 35, centro, possuindo as seguintes dimensões: 5,30 metros x 21,80 metros. Sendo assim, a área total do terreno é de 115,54 m² (metros quadrados).

Levando em consideração o pavimento térreo e o pavimento superior, o valor da área total construída é dividida com 74,56 m² no pavimento térreo e área livre de 24,66 m², onde ficará localizada uma residência unifamiliar e 61,87 m² para o pavimento superior, onde ficarão localizados dois apartamentos unifamiliares, sendo o apartamento 01 compreendendo a 30,16 m² e o apartamento 02 com 31,71 m². Para melhor entendimento da divisão dos ambientes, foram criados três Quadros, o Quadro 8, representando pavimento térreo e o Quadro 9, e o Quadro 10 com os ambientes correspondentes ao pavimento superior onde estão descritos os pavimentos e os cômodos por pavimentos, dispostas abaixo.

- Pavimento térreo:

Quadro 8 – Quantidade de cômodos e descrição dos ambientes do pavimento térreo.

| **CASA** | |
|---|---|
| **QUANTIDADE** | **AMBIENTE** |
| 01 | Garagem/Área Gourmet |
| 01 | Depósito |
| 01 | Sala de Estar |
| 01 | Cozinha |
| 03 | Quartos |
| 02 | B.W.C. |
| 01 | Área de Serviço |
| 02 | Circulação |

| | |
|---|---|
| 01 | Closet |
| 01 | Quintal |

Fonte: O autor (2022).

- Pavimento superior:

Quadro 9 – Quantidade de cômodos e descrição dos ambientes do apartamento 01.

| **APARTAMENTO 01** | |
|---|---|
| **QUANTIDADE** | **AMBIENTE** |
| 01 | Varanda |
| 01 | Área de Serviço |
| 01 | Sala de estar |
| 01 | Cozinha |
| 01 | Quarto |
| 01 | B.W.C. |
| 01 | Área de Sol |

Fonte: O autor (2022).

Quadro 10 – Quantidade de cômodos e descrição dos ambientes do apartamento 02.

| **APARTAMENTO 02** | |
|---|---|
| **QUANTIDADE** | **AMBIENTE** |
| 01 | Varanda |
| 01 | Área de Serviço |
| 01 | Sala de estar |
| 01 | Cozinha |
| 01 | Quarto |
| 01 | B.W.C. |
| 01 | Área de Sol |

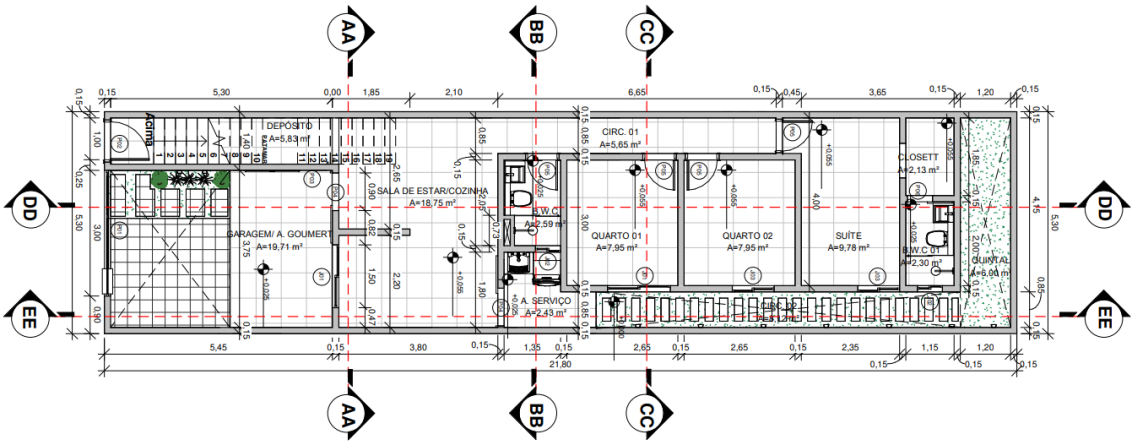
Fonte: O autor (2022).

Através das informações obtidas acima a Figura 10 representa a planta baixa executiva do Pavimento Térreo, e estará disponível no Apêndice A com uma escala maior para melhor visualização, em sequência a Figura 11 o corresponde a planta baixa executiva do Pavimento Superior, estando disponível em uma escala maior no Apêndice C. No apêndice B será possível observar a planta baixa de layout do Pavimento Térreo, e no apêndice D será representado a planta baixa de layout do Pavimento Superior.

Quanto diz respeito a Figura 12 e a Figura 13, observa-se algum dos cortes transversais da edificação, a Figura 12 corta a edificação na representação dos banheiros do pavimento térreo e no pavimento superior, sendo possível verificar o posicionamento de alguns itens que estão posicionados nesses ambientes, também é destacado o posicionamento da platibanda da edificação. Quanto a Figura 13, apresenta espaços diferentes em relação aos apresentados na Figura 12, com destaque para o posicionamento do telhado para o abrigo da caixa d’água.

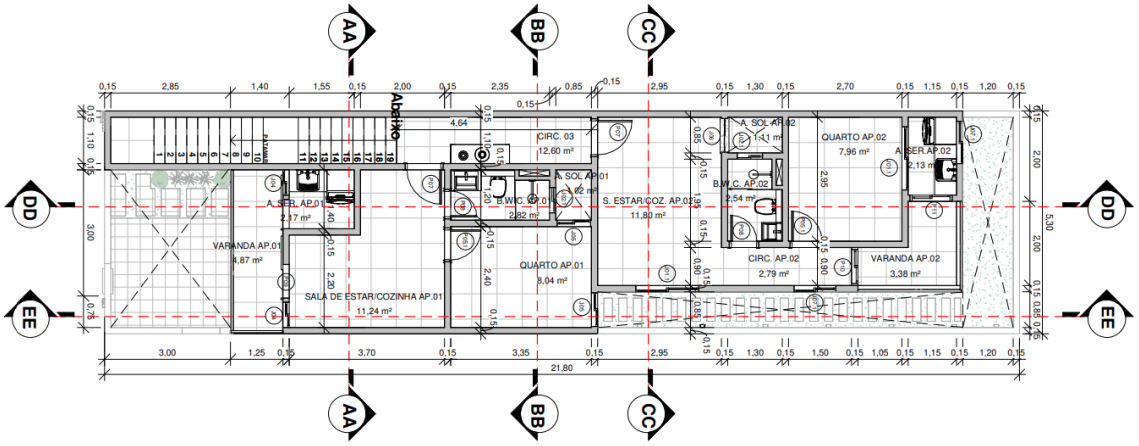
Por outro lado, a Figura 14 corresponde a um dos cortes longitudinais da obra em questão, localizados no apêndice E em maior escala pra melhor visualização do corte.

Figura 10 – Planta baixa executiva – Pavimento Térreo (residência unifamiliar), localizada na cidade de Petrolina-PE.




Fonte: O autor (2022).

Figura 11 – Planta baixa executiva – Pavimento superior (apartamento 01 e 02).

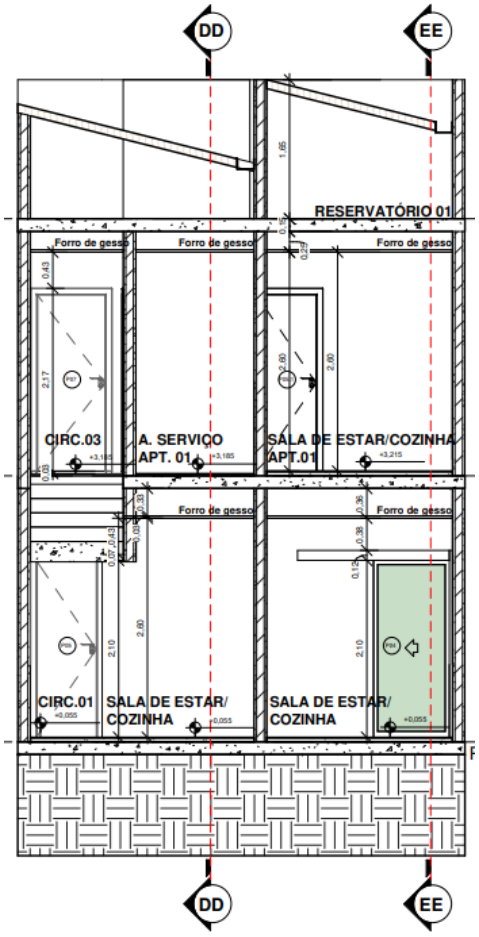



Fonte: O autor (2022).

## 3.3. MODELAGEM 3D

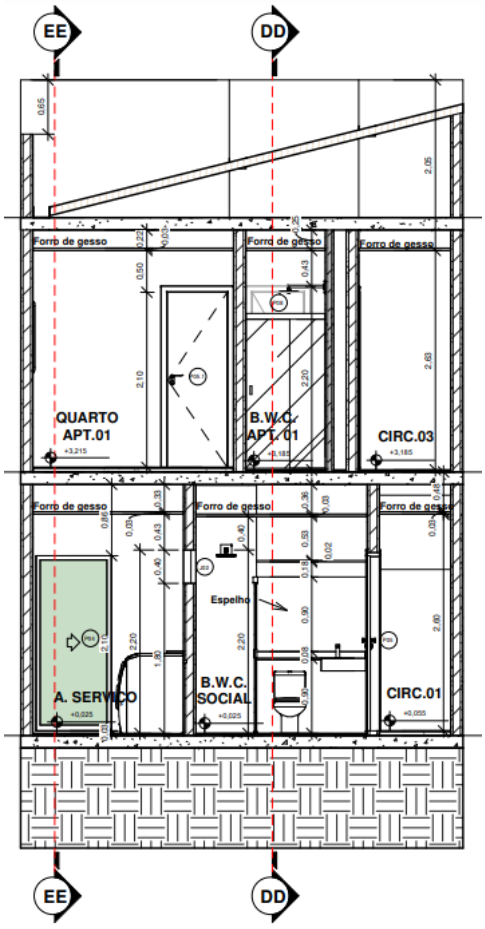
A modelagem 3D é a etapa mais importante para o surgimento da etapa seguinte, pois sem o modelo tridimensional não seria possível a aplicação da metodologia BIM 4D, portanto, a modelagem 3D representa a maquete virtual de uma edificação e se aplica para realizar o desenho de um empreendimento com um maior nível de detalhe, trazendo um modelo rico em informações. Nos tópicos seguintes serão demonstrados o processo de modelagem e os *softwares* utilizados de todos os projetos presentes na edificação, como: projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto de instalações elétricas e projeto de instalações hidrossanitárias.

Figura 13 – Corte AA.



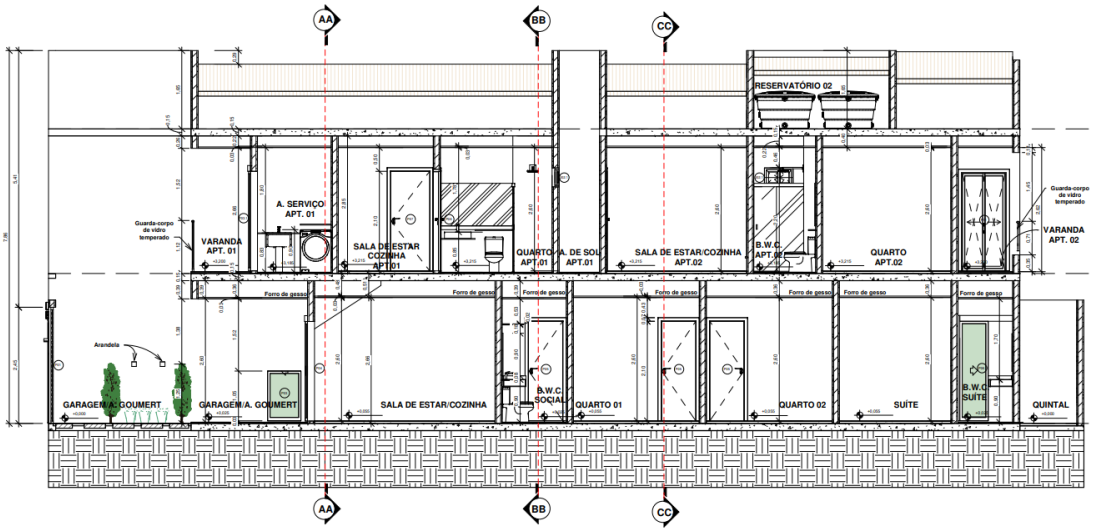

Fonte: O autor (2022).

Figura 12 – Corte BB.




Fonte: O autor (2022).

Figura 14 – Corte DD.




Fonte: O autor (2022).

### 3.3.1. PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico foi realizado através do software *Revit* 2021, programa que pertence a metodologia BIM. A primeira análise foi dada a partir da elaboração de um pré-projeto, com a disposição e estudo dos ambientes de acordo com a finalidade exigida, assim como, foram adicionados os recuos presentes no plano diretor do município, verificando a ocupação do solo e taxa de uso.

É importante salientar que o projeto arquitetônico compõe uma série de desenhos com a finalidade de detalhar e explicar toda a disposição de uma edificação. Por fim, o projeto arquitetônico representa a estrutura básica, que exerce uma função de extrema importância para os projetos complementares. A princípio foi realizado o desenho do pavimento térreo, com a utilização de um *template* (arquivo no qual são adicionadas configurações básicas dos elementos construtivos, otimizando o tempo para criação de propriedades genéricas do software) e logo em seguida o pavimento superior, finalizando com a coberta.

A partir da aba “Arquitetura” é possível inserir os itens construtivos necessários para o projeto arquitetônico, a aba está demonstrada na Figura 15.

Com o *template* configurado, o lançamento de paredes foi executado, criando a disposição inicial dos ambientes. Na Figura 16 é observado o nível de detalhamento que o *Revit* trabalha a partir da estrutura completa da parede, diante dessa informação, percebe-se que existem camadas na estrutura da parede, as camadas são encontradas do lado direito da imagem, sendo representadas do número 1 ao número 7, com seu material e sua respectiva espessura.

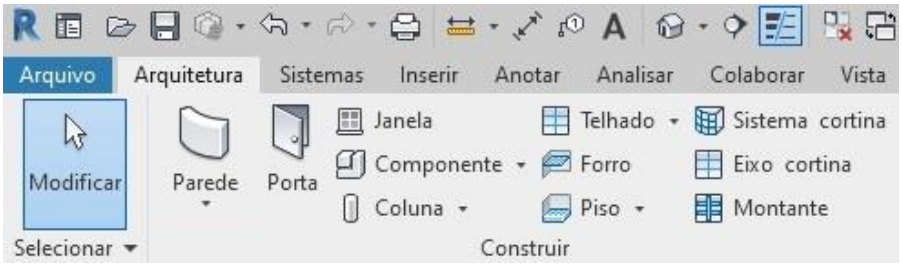
A Figura 16 demonstra apenas um elemento que é reproduzido pelo *Revit*, onde pode ser observado o trabalho com seu nível de detalhe e informações que deixam o projeto arquitetônico mais rico. Com esses dados, é possível desenhar e finalizar o projeto arquitetônico, que será importante pois corresponde ao projeto base para os complementares que serão descritos a seguir.

### 3.3.2. PROJETO ESTRUTURAL

O projeto estrutural foi desenvolvido logo após a finalização do projeto arquitetônico. Foram dimensionados os elementos de fundação (tipo sapata), vigas

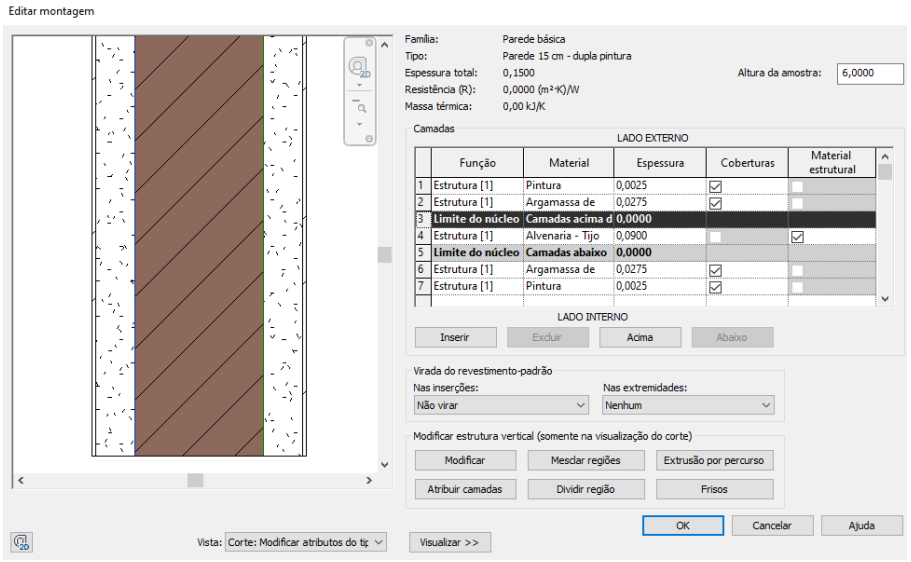
baldrame, pilares, vigas e lajes. O dimensionamento estrutural foi adotado a partir dos parâmetros presentes na Figura 17, com bitolas de aço presentes na Figura 18. É importante destacar que no projeto em questão, foi necessário a utilização de sapatas de divisa, assim como, em alguns locais vigas de transição, ou seja, artifícios plausíveis para que seja possível um projeto dentro da realidade desejada.

Figura 15 – Lançamento de itens construtivos.




Fonte: O autor (2022).

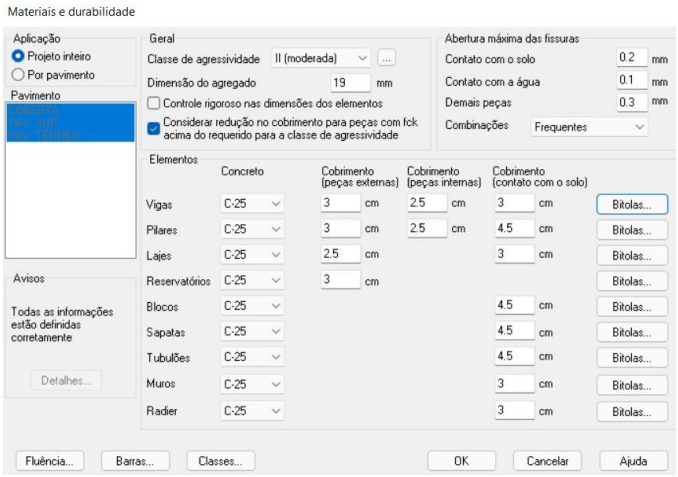
Figura 16 – Estrutura completa da parede.




Fonte: O autor (2022).

Como o projeto estrutural foi utilizado uma estrutura de concreto armado a NBR 6118/2014 foi a norma utilizada para dimensionar a estrutura com o auxílio do software *Eberik* da *AltoQi* V15. A partir dessas condições é possível definir as características dos materiais utilizados no projeto, presentes na Figura 17. Todo processo de lançamento de elementos estruturais pode ser observado a partir da Figura 19, que contém o processo de lançamento de Fundações, Pilares, Vigas, Lajes e Escadas.

Figura 17 – Parâmetros adotados.




Fonte: O autor (2022).

Figura 18 – Resumo por bitola e por elemento adotados no dimensionamento.

| Aço | Diâmetro (mm) | Peso + 10 % (kg) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Vigas | Pilares | Lajes | Escadas | Fundações | Total |
| CA50 | 6,3 | 11,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,3 |
| CA50 | 8,0 | 604,2 | 0,0 | 0,0 | 11,5 | 132,8 | 748,5 |
| CA50 | 10,0 | 120,4 | 582,4 | 0,0 | 0,0 | 83,2 | 786,0 |
| CA50 | 12,5 | 7,2 | 346,2 | 0,0 | 65,1 | 118,7 | 537,2 |
| CA60 | 5,0 | 250,8 | 167,6 | 77,5 | 0,0 | 0,0 | 495,9 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 19 – Lançamento de elementos estruturais.

Fonte: O autor (2022).

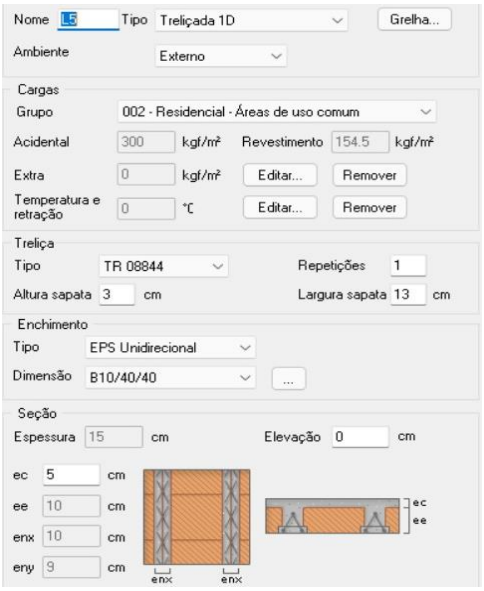
O primeiro passo realizado foi o lançamento dos pilares, com suas respectivas fundações, para que em seguida sejam lançadas as vigas baldrames, logo após é feito o lançamento das vigas do pavimento superior, e por fim são lançadas as lajes que nesse caso foram lajes treliçadas 1D, com enchimento de EPS Unidirecional, como demonstrado na Figura 20. Finalizando a confecção da estrutura foram adicionadas duas lajes no nível da coberta que serão utilizadas como abrigo para caixa d'água, e vigas de travamento para equilibrar a estrutura.

Com a estrutura finalizada e com todas suas características bem definidas o processamento da estrutura em questão é realizado, sendo possível, a criação de um

relatório com erros que necessitam ser corrigidos. Logo após a verificação dos erros identificados torna-se necessário reprocessar a estrutura para que chegue nas características finais do projeto. As Figuras 21,22 e 23 demonstram a planta de forma de cada pavimento.

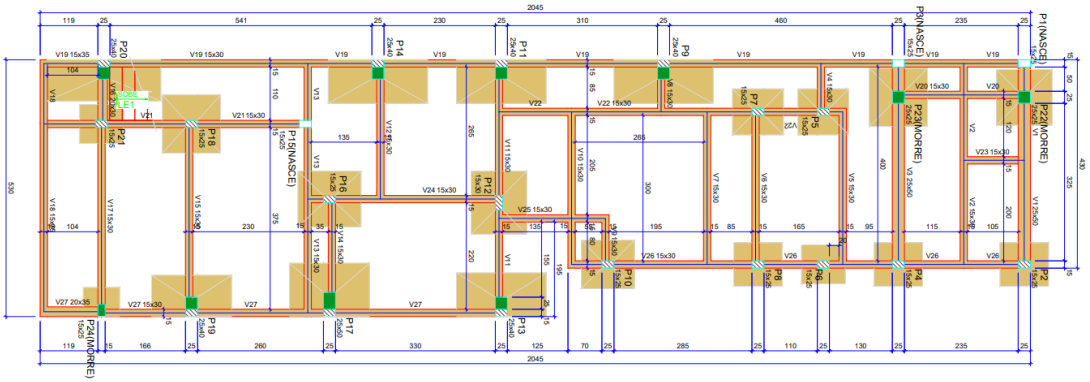
Com o projeto finalizado e processado para a integração com os demais projetos, o arquivo criado no *Eberik* é exportado para o *Revit*, através do formato *.ifc*, gerando dessa forma um arquivo em formato ".rvt" (formato de arquivo criado no *Revit*), logo o arquivo em ".rvt" poderá ser utilizado como um vínculo para realizar a compatibilização com os projetos citados acima.

Figura 20 – Detalhamento dos elementos presentes na laje.



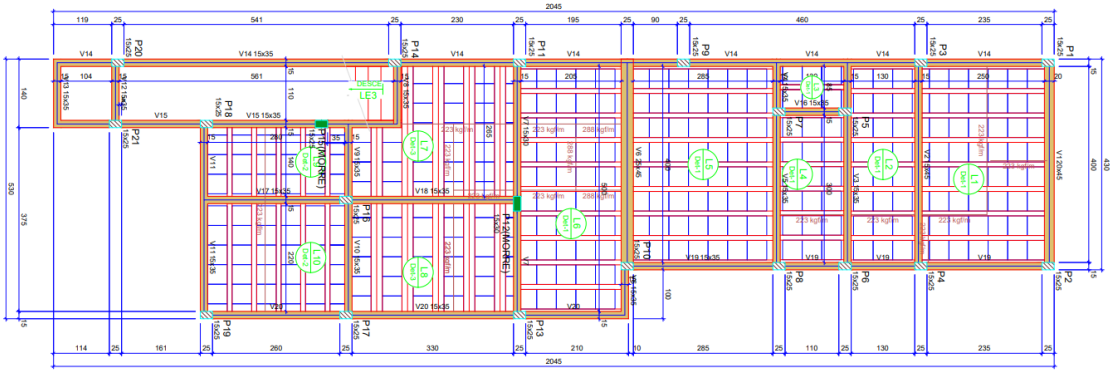

Fonte: O autor (2022).

Figura 21 – Planta de forma do Pavimento Térreo.



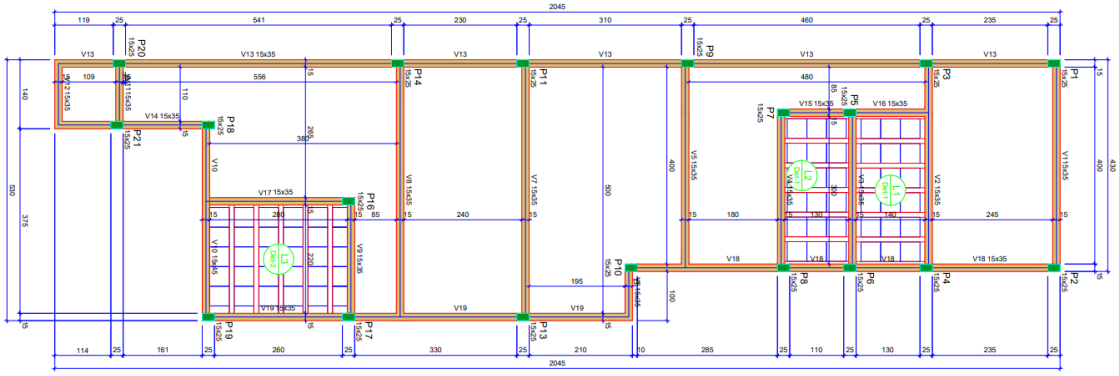
Fonte: O autor (2022).

Figura 22 – Planta de forma do Pavimento Superior.



Fonte: O autor (2022).

Figura 23 – Planta de forma da Coberta.

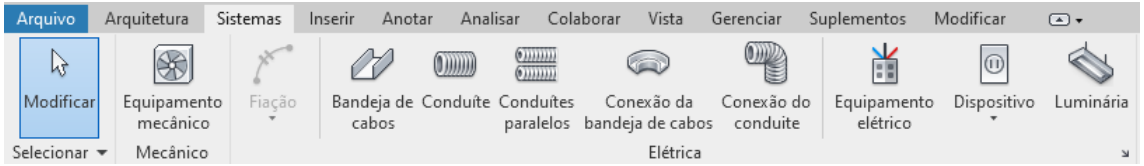


Fonte: O autor (2022).

### 3.3.3. PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O primeiro comando realizado no projeto de instalações elétricas foi a vinculação do projeto arquitetônico no *template* destinado a instalações elétricas, a Figura 24 demonstra a interface para a inserção de itens elétricos, essenciais no projeto de instalações elétricas, presentes na aba “Sistemas”.

Figura 24 – Aba de lançamento de itens elétricos.



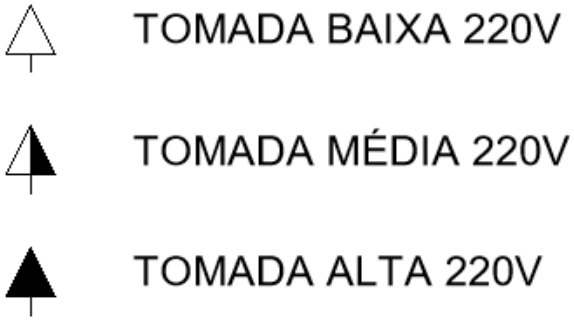

Fonte: O autor (2022).

A partir do modelo arquitetônico vinculado, foi possível começar a modelagem do projeto de instalações elétricas, seguindo os critérios estabelecidos pela NBR ABNT 5410/2014. Os itens de tomadas conhecidos popularmente como TUG’S e TUE’s, são

classificados quanto à sua altura, como: tomadas baixa, média e alta. Não menos importante, os interruptores que tem altura padrão semelhante as de tomada média.

Através dos parâmetros presentes na NBR 5410/2014 obedecidos, foram inseridos os itens de tomadas (baixa, média e alta) representado na Figura 25, assim como, interruptores e a classificação dos itens elétricos (pontos de dados, ponto de televisão e quadros), que são apresentados na Figura 26 e Figura 27, respectivamente.

Figura 25 – Legenda quanto a classificação de tomadas.

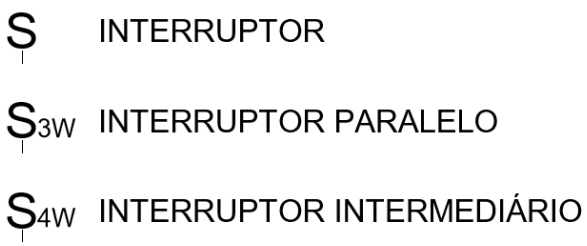



Fonte: O autor (2022).

Em seguida os circuitos são criados, onde será inserido um quadro de medição para cada repartição da edificação, juntamente ao quadro de medição, é colocado um quadro de distribuição, conhecido como QPLF, e um quadro VDI (destinado a parte de dados da edificação).

Com todas as informações inseridas foram criados 22 circuitos no pavimento térreo, divididos da seguinte forma: 17 circuitos ativos, 1 espaço vazio e 4 circuitos reservas. Por outro lado, no pavimento superior foi feito a criação de 12 circuitos para cada apartamento, divididos da seguinte forma: 8 circuitos, 1 espaço vazio e 3 reservas.

Figura 26 – Legenda quanto a classificação de interruptores.



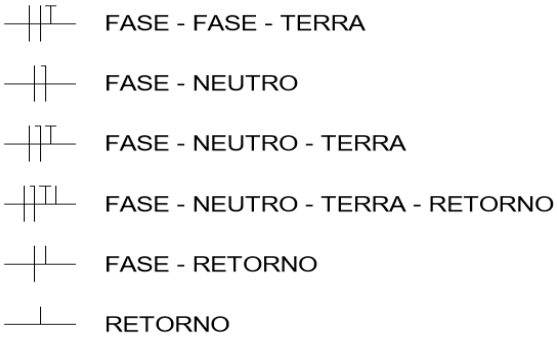

Fonte: O autor (2022).

Cada circuito sai do quadro parcial de luz e força, e são ligados através de eletrodutos que passam os cabos (representados na Figura 28).

Figura 27 - Legenda quanto a classificação dos itens elétricos. a) Dados; b) Televisão; c) Quadros.

Fonte: O autor (2022).

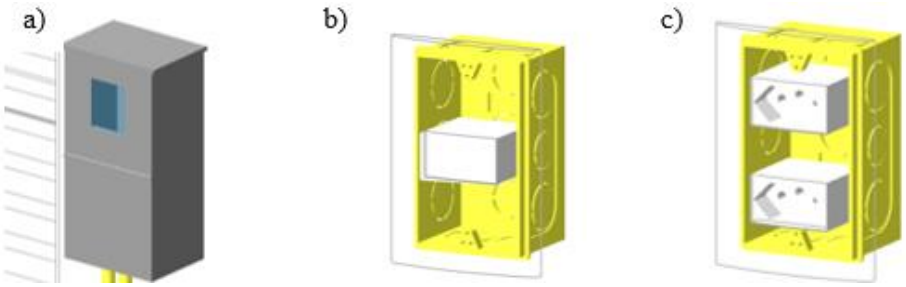
Figura 28 – Legenda quanto a classificação dos cabos.




Fonte: O autor (2022).

Além da representação em 2D, como observada acima, os elementos do projeto elétrico podem ser observados em uma perspectiva isométrica (3D), facilitando dessa forma o reconhecimento no projeto, bem como, a visualização de quais itens são representados em seus respectivos locais, como na Figura 29, e Figura 30, situadas abaixo.

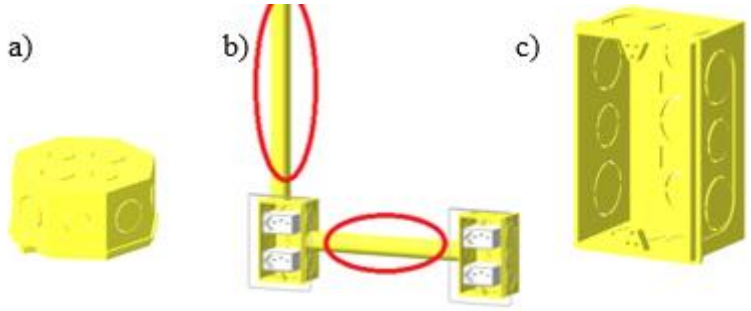
Figura 29 – Prespectiva isómetrica de itens elétricos. a) Quadro de medição; b) Interruptor Simples; c) Tomada Dupla.




Fonte: O autor (2022).

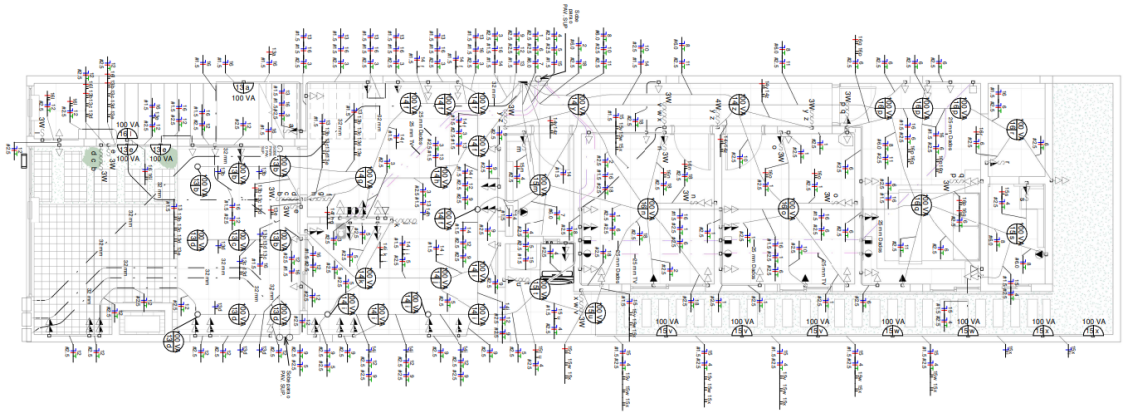
A partir da inserção de todos os itens necessários para o projeto de instalações elétricas, o projeto é finalizado e é possível observar a planta baixa de instalações elétricas. A seguir a Figura 31, representa o pavimento térreo que pode ser encontrada no Apêndice J em escala maior e Figura 32 é destinada ao Pavimento Superior, situada no Apêndice K com a escala maior para melhor visualização dos elementos.

Figura 30 – Perspectiva isométrica de itens elétricos. a) Iluminação de teto; b) Eletrodutos; c) Iluminação de parede.



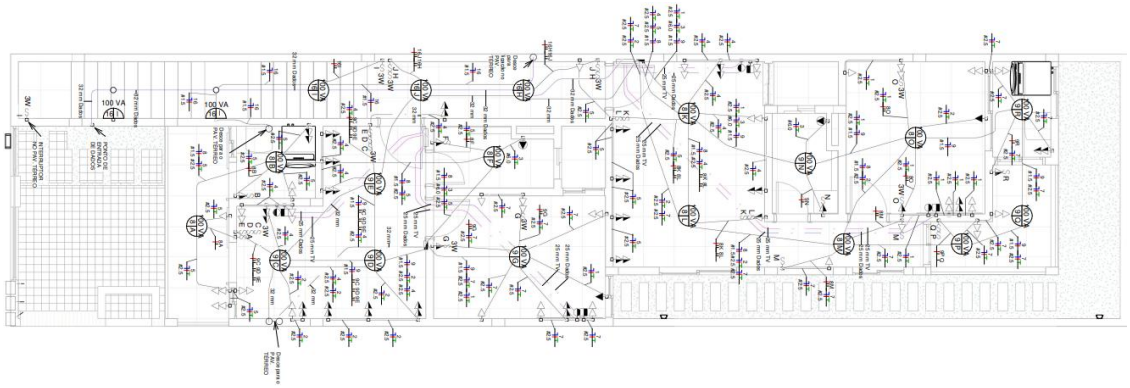

Fonte: O autor (2022).

Figura 31 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Elétricas) – Pavimento Térreo.



Fonte: O autor (2022).

Figura 32 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Elétricas) – Pavimento Superior.



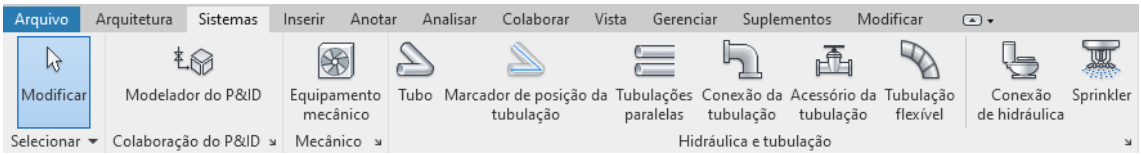
Fonte: O autor (2022).

### 3.3.4. PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS

Assim como o projeto arquitetônico e o projeto de instalações elétricas, para o projeto de instalações hidrossanitárias foi modelado por meio do software *Revit*, entretanto o projeto, não será modelado quanto a questão que contém água quente.

Com a utilização do *template* especifico para as instalações hidrossanitárias, é possível otimizar a criação dos tubos, conexões e acessórios necessários no projeto, pois com o *template* esses itens já são pré-configurados. Na Figura 33, é possível observar a aba de “Sistemas”, ambiente que pode ser adicionado os itens utilizados no sistema de instalações hidrossanitárias, desde os tubos até as conexões e acessórios que serão utilizados para realização do projeto.

Figura 33 – Aba de lançamento de itens do sistema hidrossanitário.




Fonte: O autor (2022).

Dando início ao projeto de instalações hidrossanitárias é necessário vincular o projeto arquitetônico. A criação do projeto é feita a partir dos critérios estabelecidos na ABNT NBR 5626/2020 – Instalações Prediais de Água Fria e Água Quente e a ABNT NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução.

Com isso, os tubos que percorrem o projeto de instalações hidrossanitárias – água fria foram dimensionados, e estão dispostos para visualização no Quadro 11 que demonstra o resumo dos diâmetros definidos para cada item voltado a parte de água fria. Por fim, vale destacar que no projeto em questão foram dimensionadas três caixas d’água.

Quadro 11 – Resumo das tubulações de água fria e seu respectivo diâmetro.

| **SISTEMA DE ÁGUA FRIA** | |
|---|---|
| **TUBO** | **DIÂEMTRO (mm)** |
| Entrada | 25 |
| Saída | 50 |
| Extravasor | 32 |
| Limpeza | 32 |
| Ramal | 25 |
| Sub-ramal | 25 |

Fonte: O autor (2022).

Assim como discutido no projeto de instalações elétricas, é possível verificar os itens em perspectivas 3D para o projeto de instalações hidrossanitárias, quanto a questão de água fria, é possível observar na Figura 34 e Figura 35.

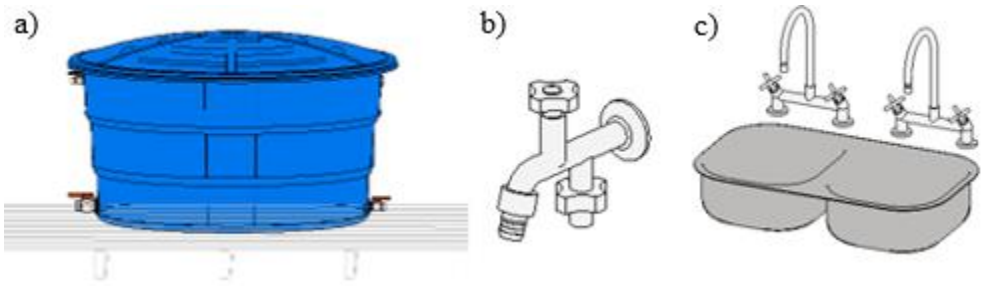
Por outro lado, o projeto de instalações de esgoto, foi dimensionado e seus valores estão presente no Quadro 12 que representa o resumo das tubulações e seus respectivos tubos.

Quadro 12 – Resumo de tubulações de esgoto e seu respectivo diâmetro.

| SISTEMA DE ESGOTO | |
|---|---|
| **TUBO** | **DIÂMETRO (mm)** |
| Esgoto (Banheiro) | 100 |
| Esgoto (Pia da cozinha e do banheiro) | 40 |
| Ventilação | 50 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 34 – Perspectiva isométrica de itens do sistema de água fria. a) Caixa d'água de 1500L; b) Torneira; c) Pia da cozinha.




Fonte: O autor (2022).

Figura 35 – Perspectiva isométrica de itens do sistema de água fria. a) Chuveiro; b) Pia do banheiro; c) Pia da Área de Serviço.

Fonte: O autor (2022).

Quanto as inclinações utilizadas foram de 1% para tubos com diâmetro maior ou igual a 100mm e 2% para tubos com diâmetro menor ou igual a 75mm como prescritos na NBR 5626/2020, para que em seguida fossem adicionadas caixas de gordura e inspeção. Finalizando dessa forma o projeto de instalações hidrossanitárias, as informações estão no Quadro 13.

Quadro 13 – Inclinação no sistema de esgoto sanitário.

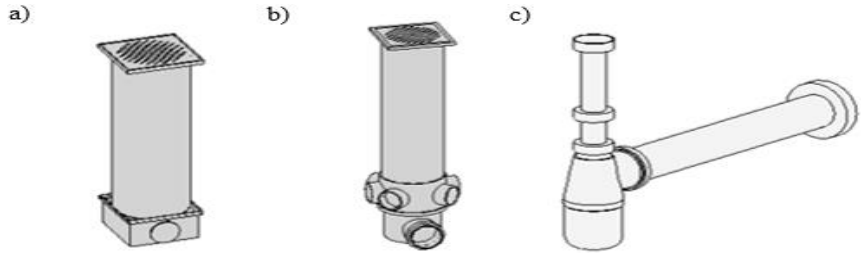
| SISTEMA DE ESGOTO | |
|---|---|
| **DIÂEMTRO (mm)** | **INCLINAÇÃO (%)** |
| $\leq 75$ | 2 |
| $\geq 100$ | 1 |

Fonte: O autor (2022).

Como o sistema de água fria, o sistema de esgoto tem elementos pré-configurados através do *template*, como observados abaixo, na Figura 36 e Figura 37.

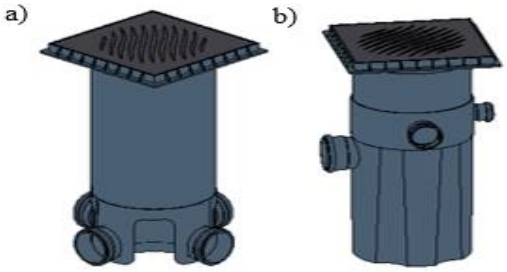
Com todos os itens necessários para o projeto de instalações hidrossanitárias, é possível observar a Planta Baixa de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria, na Figura 38, Figura 39 e Figura 40. Com suas respectivas legendas na Quadro 14 e Quadro 15.

Figura 36 – Perspectiva isométrica do sistema de esgoto. a) Ralo; b) Caixa Sifonada; c) Sifão para lavatório.



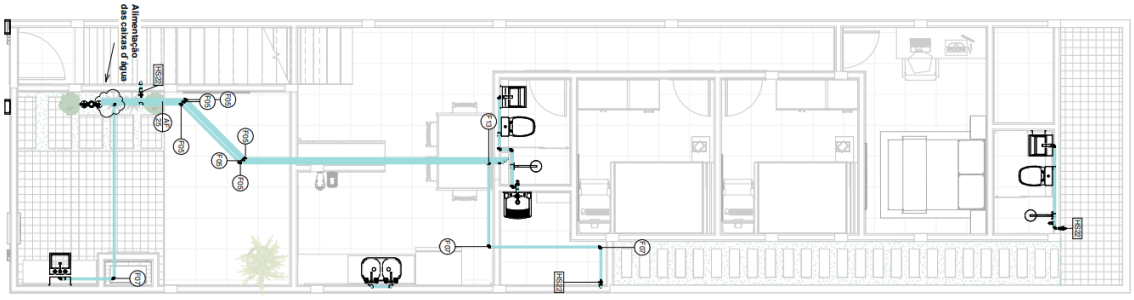

Fonte: O autor (2022).

Figura 37 – Elementos do sistema de esgoto. a) Caixa de Inspeção; b) Caixa de gordura.




Fonte: O autor (2022).

Figura 38 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria) – Pavimento Térreo.



Fonte: O autor (2022).

Quadro 14 – Peça hidrossanitária (AF).

| **PROJETO (AF) – PEÇA HIDROSSANITÁRIA** | |
|---|---|
| **Descrição** | **ID** |
| Deca torneira de jardim com arejador | HS22 |

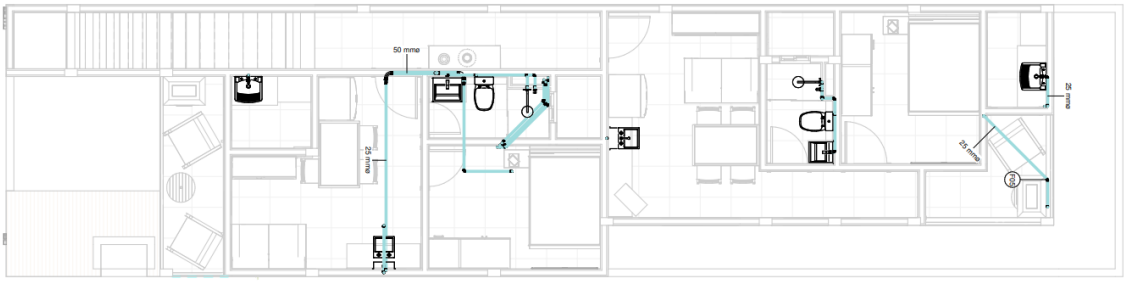
Fonte: O autor (2022).

Quadro 15 – Conexão de tubo (AF).

| PROJETO (AF) – CONEXÃO DE TUBO | |
|---|---|
| **Descrição** | **ID** |
| Bucha de Redução Soldável Longa 50x25mm, PVC Marrom, Água Fria | F01 |
| Curva 90º soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria | F02 |
| Curva 90º soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria | F03 |
| Joelho 45º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria | F05 |
| Joelho 45º Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria | F06 |
| Joelho 90º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria | F07 |
| Tê de Redução Soldável 50x25mm, PVC Marrom, Água Fria | F12 |
| Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria | F13 |
| Tê Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria | F15 |

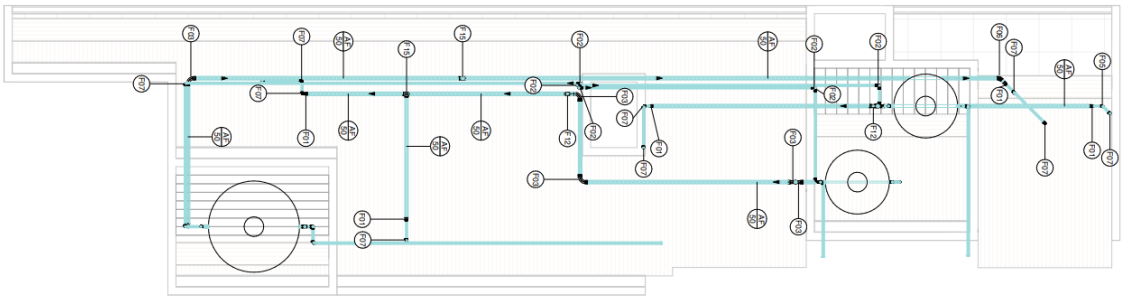
Fonte: O autor (2022).

Figura 39 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria) – Pavimento Superior.




Fonte: O autor (2022).

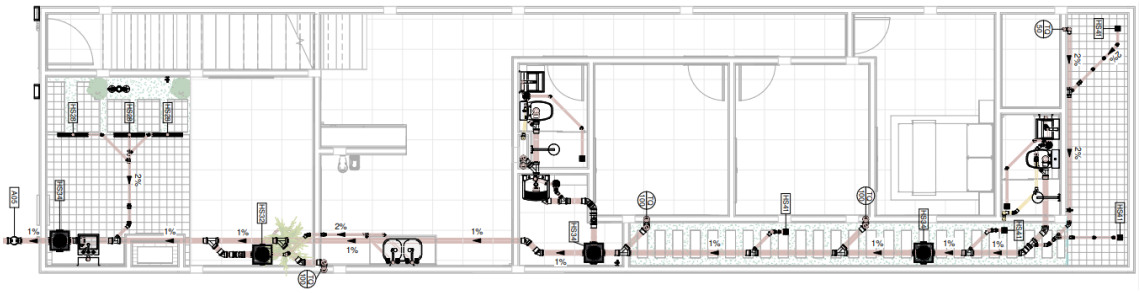
Figura 40 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Água Fria) – Coberta.



Fonte: O autor (2022).

Finalizando a representação do projeto de instalações hidrossanitárias, é observado a representação da Planta Baixa de Instalações Hidrossanitárias – Esgoto, na Figura 41, Figura 42. Com suas respectivas legendas na Quadro 16.

Figura 41 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Esgoto) – Pavimento Térreo.



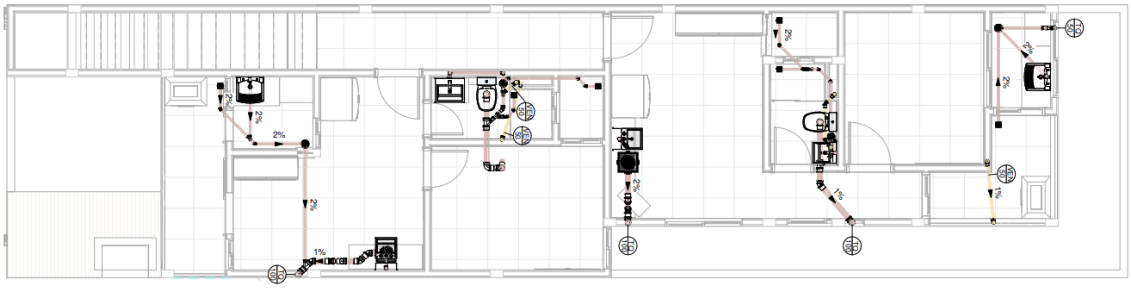
Fonte: O autor (2022).

Quadro 16 – Peça hidrossanitárias (ESG).

| **PROJETO (ESG) – PEÇA HIDROSSANITÁRIA** | |
|---|---|
| **Descrição** | **ID** |
| Ralo Linear: Ralo Slim Tramontina | HS28 |
| Caixa de gordura com prolongador | HS32 |
| Caixa de inspeção | HS34 |
| Ralo quadrado montado com prolongador | HS41 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 42 – Planta Baixa (Projeto de Instalações Hidrossanitárias – Esgoto) – Pavimento Superior.



Fonte: O autor (2022).

## 3.4. MODELAGEM 4D

Na modelagem 4D é realizado o estudo do tempo vinculado ao modelo em 3D, bem como, é possível verificar as interferências antes que sejam encontradas na fase obra evitando o surgimento de problemas nessa etapa.

A partir das informações citadas, nos tópicos seguintes serão utilizados a metodologia 4D, para verificar possíveis interferências entre os projetos da edificação, após serem verificados serão solucionados nos tópicos seguintes, sendo possível estimar o custo e fazer o estudo do tempo de acordo com o estudo disponibilizado pela empresa executora.

### 3.4.1. ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA

A análise de interferência foi feita através da utilização do *software Navisworks*, dividida em cinco itens, sendo eles: *Clashes, New, Active, Reviewed, Approved e Resolved*.

Cada item representa um critério para a análise específica de interferência, os itens citados acima estão representados na Quadro 17 que resume os elementos a partir de seu nome com seu respectivo significado.

Quadro 17 – Nomes encontrados na análise de interferência e seu respectivo significado.

| **ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA** | |
|---|---|
| **NOME** | **SIGNIFICADO** |
| *Clashes* | Quantidade total de interferências encontradas. |
| *New* | Quantidade total de novas interferências. |
| *Active* | Quantidade total de interferências que estão ativas após a revisão e modificação dos arquivos utilizados. |
| *Reviwed* | Quantidade total de interferências revisadas, porém permanecem da mesma forma após atualizações do arquivo. |
| *Approved* | Quantidade total de interferências que podem ser aprovadas, sem a necessidade de modificá-las. |
| *Resolved* | Quantidade total de interferências que foram solucionadas após a revisão do arquivo original. |

Fonte: O autor (2022).

As interferências são encontradas a partir da análise de dois projetos diferentes, com os projetos selecionados e ativando o comando "*Run Test*". Em seguida, a coluna nomeada como "*new*" identifica as novas interferências representadas por duas cores, sendo o projeto 01 (cor verde), e o projeto 02 (cor vermelha), com isso, é possível demonstrar o local exato da incompatibilidade entre os projetos.

Em seguida, pode ser feita a análise da interferência com finalidade de encontrar melhor solução para o problema identificado. Após encontrar a solução e resolver a interferência o teste é feito novamente através da opção "Re-*run Test*" que irá verificar as alterações realizadas, bem como, as interferências que permaneceram e as novas. Logo

para as interferências resolvidas serão listadas no item "*resolved*", caso não tenham interferências aprovadas e o número de "*clashes*" seja igual ao número de "*resolved*", indica que todas as interferências encontradas foram resolvidas e os projetos estão compatibilizados.

Portanto, vale destacar que ao verificar a resolução das interferências e não estiverem representadas nem com a cor verde nem vermelha, sendo representadas com nenhuma coloração significa que os itens presentes na primeira análise naquelas interferências foram realocados ou excluídos.

### 3.4.2. COMPATIBILIZAÇÃO

A partir da verificação da análise de interferências a compatibilização é realizada, que nada mais é que a solução para as interferências encontradas. Através das informações obtidas na análise de interferência, é possível iniciar a compatibilização dos projetos da edificação. Portanto, para o trabalho em questão foram determinados alguns parâmetros para realização de uma compatibilização adequada, segura e eficiente. Tais parâmetros utilizados foram:

- Ordem de prioridade a compatibilização:
    a. Arquitetônico
    b. Estrutural
    c. Hidráulico
    d. Elétrico
- Projeto Arquitetônico será prioridade pois representa o projeto base (a repartição dos ambientes) para os projetos complementares;
- Projeto Estrutural vem em seguida, pois é feito a partir da divisão realizada no Projeto Arquitetônico, entretanto, em algumas situações específicas foi necessário que o Projeto Arquitetônico se adapte ao Projeto Estrutural, como em relação ao posicionamento de portas e janelas. Portanto, é importante adaptar os demais projetos para que evite ao máximo furos nos elementos estruturais.
- De acordo com a hierarquia o Projeto Hidráulico ocupa o terceiro lugar na lista de prioridades pois são elementos que podem ser modelados com desvios dos itens estruturais, e se adaptam facilmente ao Projeto Arquitetônico.

- Por fim, vem o Projeto de Instalações Elétricas, sendo o projeto que se integra mais fácil e possuí a opção de ter caminhos adequados para desviar dos demais projetos citados acima.
- Vale destacar que a ordem de prioridade foi estabelecida para se ter uma sequência entre a compatibilização dos projetos, porém, todo caso deve ser analisado para que a solução encontrada seja feita da melhor forma.

A partir dos critérios estabelecidos, a compatibilização foi realizada, e será apresentada nos itens 4.2.4.1 ao item 4.2.4.7, situados nos tópicos a seguir.

#### 3.4.2.1. ESTRATÉGIAS PARA COMPATIBILIZAÇÃO

Diante os problemas identificados, foram utilizadas algumas estratégias para minimizar erros entre a modelagem dos projetos envolvidos, ou seja, artifícios que auxiliam na integração entre as disciplinas presentes na edificação diminuindo a possibilidade de interferências entre os traçados da edificação. Tais estratégias serão citadas abaixo:

- ***SHAFT***

O *shaft* é um artificio utilizado principalmente em banheiros (porém, não é uma regra para ser o único local instalado) podendo assim, ser adicionado em outros ambientes da edificação, entretanto, é indicado que não fique em locais totalmente expostos pois dentro dele existe a passagem de tubulações de água fria, esgoto e em alguns casos mais específicos passam eletrodutos.

Portanto, o *shaft* é um elemento importante para a compatibilização de projetos pois evita em muitos momentos furos indevidos nos elementos estruturais como vigas e pilares. Fazendo assim, uma região livre para a passagem da tubulação que irá alimentar a residência, bem como conectar o Pavimento Térreo com o Pavimento Superior e a Coberta.

- **CARENAGEM HIDRÁULICA**

A carenagem hidráulica foi uma alternativa muito importante na compatibilização entre o Projeto de Instalações Hidrossanitárias e o Projeto Estrutural, pois em algumas situações a ligação de água fria e a saída do esgoto entrariam em conflito com as vigas baldrames ou as vigas do pavimento térreo, e com a utilização desse elemento essas

interferências foram evitadas, fazendo com que, o projeto tenha uma fluidez mais rápida, evitando assim possíveis problemas entre os projetos elaborados.

- **DESVIO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS**

A ABNT NBR 6118/2014 é a norma responsável por regulamentar furos, aberturas e canalizações em elementos estruturais de concreto e diz que qualquer estrutura que apresenta a necessidade de furos ou aberturas em sua seção deve ser detalhado para absorver as alterações do fluxo de tensões que ocorrem nesses furos, sendo importante o estudo minucioso no caso da criação de armaduras especiais para estes momentos que precisam da estabilidade do elemento que sofre solicitações atuantes, ou seja, os furos feitos em elementos estruturais devem ser previamente analisados visando evitar problemas na estrutura como diminuir a durabilidade do elemento e possíveis prejuízos para obra. Através do estudo da norma, foi verificado a possibilidade de furos apenas em vigas e lajes, porém seguindo alguns critérios estabelecidos pela norma que serão apresentados posteriormente, sendo que, em outro elemento estrutural como o pilar não existe condições para furos de acordo com a ABNT NBR 6118/2014.

Com o Projeto Estrutural ficando em segundo lugar na lista de prioridades, é mais vantajoso, econômico e seguro fazer com que seja mantida o dimensionamento e posicionamento da estrutura inicial, evitando no máximo a existência de furos, para que a partir de suas características os demais projetos possam vir a ser modelados. Portanto, furos indevidos e passagem inadequada de elementos em locais inapropriados serão evitados, fazendo com que, permaneça a estrutura dimensionada inicialmente evitando possíveis problemas na execução e problemas futuros.

### 3.4.3. ESTIMATIVA DE CUSTO E TEMPO

A partir da compatibilização é possível otimizar o custo da obra e consequentemente o tempo, como citado o tópico 2.5.

O custo da obra será realizado através do uso do método CUB/m² (Custo Unitário Básico da Construção) que representa o valor médio de uma obra com os serviços de mão de obra e material, como o valor se trata de uma estimativa não será trabalhado valores exatos, sendo o valor encontrado o custo mais próximo do valor real da obra.

Segundo SINDUSCON/PE (2022) é possível verificar o significado de cada sigla para representar o preço básico por metro quadrado (CUB/m²) e a apuração dos valores tem como referência projetos-padrão:

- R1: residência unifamiliar;
- PP4: prédio popular;
- R8 e R16: residência multifamiliar;
- PIS: projeto de interesse social;
- RP1Q: residência popular;
- CAL8: projeto comercial de andares livres;
- CSL8 e CSL16: projeto comercial de salas e lojas; e
- GI: galpão industrial.

Com esses dados, foi possível encontrar os valores no site do SINDUSCON/PE, como observado na Figura 43.

Figura 43 – Custo unitário básico da construção – ABRIL 2022 (PE).

VALORES EM R$/m²

**PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS**

| PADRÃO BAIXO | |
|---|---|
| R-1 | 1.913,02 |
| PP-4 | 1.726,77 |
| R-8 | 1.635,42 |
| PIS | 1.265,18 |

| PADRÃO NORMAL | |
|---|---|
| R-1 | 2.271,47 |
| PP-4 | 2.182,29 |
| R-8 | 1.854,94 |
| R-16 | 1.811,09 |

| PADRÃO ALTO | |
|---|---|
| R-1 | 2.921,17 |
| R-8 | 2.347,31 |
| R-16 | 2.346,99 |

Fonte: (SINDUSCON/PE, 2022).

Com o valor da área construída e o valor da obra definido como “PADRÃO ALTO R-1”, para cada repartição da edificação sendo unifamiliar, foi possível chegar até a estimativa do valor final da obra.

Complementando o estudo nesse tópico, a empresa executora disponibilizou a quantidade de dias da obra analisada, com isso, foi possível estimar o valor em reais por dia da obra, pois o valor estimado do custo da obra foi dividido pela quantidade de dias disponibilizada, encontrando desta forma o valor que custa a obra por dia. Portanto, será possível estimar a quantidade de dias que são otimizados na obra durante todo processo.

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 4.1. BIM 3D

O resultado do BIM 3D representa a perspectiva dos projetos da edificação, comprovando a facilidade de utilizar esse tipo de representação no estudo em questão.

### 4.1.1. MODELO ARQUITETÔNICO

Na modelagem BIM 3D, são obtidas imagens em ótima qualidade, ou seja, o desenho é criado de forma realista de toda edificação. Na Figura 44 e na Figura 45 são demonstradas perspectivas isométricas gerais da edificação em dois ângulos diferentes, logo pode ser observado como a edificação ficará na realidade, trazendo todos os envolvidos no projeto mais próximo da obra concluída.

Figura 44 – Perspectiva isométrica geral do projeto arquitetônico 01.

Fonte: O autor (2022).

Figura 45 – Perspectiva isométrica geral do projeto arquitetônico 02.

Fonte: O autor (2022).

De início constata-se uma das principais vantagens do BIM 3D na Figura 46, pois os elementos do ambiente estão bem definidos, em suas posições que foram projetados,

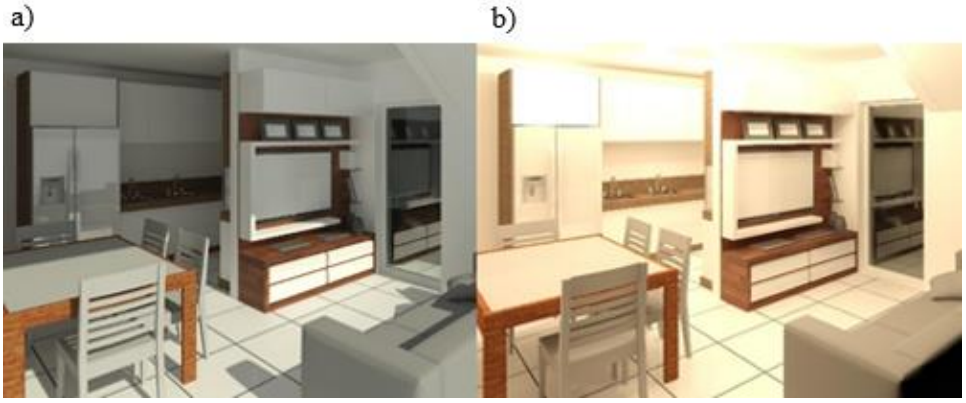
assim como, seus respectivos revestimentos. Quanto ao piso da edificação é possível verificar de forma clara e precisa que nesse ambiente existem dois tipos de piso principalmente por sua tonalidade e representação, não deixando de ser observado a existência do pequeno jardim que aparece na parte inferior da imagem com suas respectivas plantas, fazendo com que a execução seja realizada com o que se foi projetado.

Figura 46 – Pespectiva da Área Gourmet e Garagem.

Fonte: O autor (2022).

Já nas Figuras a seguir serão observados os cômodos internos da edificação da Figura 47 a Figura 52, que correspondem aos cômodos do pavimento térreo. A Figura 47, demonstra o ambiente da sala de estar e cozinha em dois turnos do dia, com a Figura 47 (a), o ambiente no período da trade e a Figura 47 (b), representando o turno da noite.

Figura 47 – Perspectiva da Sala de estar e cozinha. a) turno da tarde; b) turno da noite.

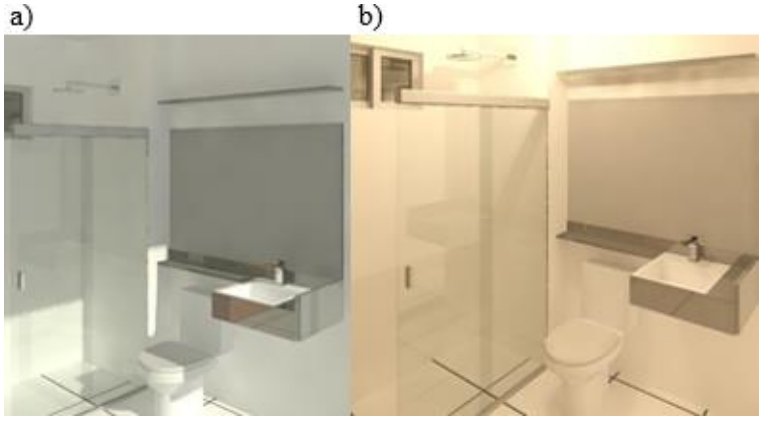



Fonte: O autor (2022).

Com a representação BIM 3D é possível verificar o posicionamento adequado dos itens que serão utilizados no cômodo do B.W.C. Social a partir da Figura 48, fazendo assim, uma perspectiva mais próxima da realidade, sendo representado nessa vista alguns

itens que seriam mais difíceis de ser identificados em outro tipo de vista, como: espelho e a bancada de granito (localizada acima e abaixo do espelho).

Figura 48 – Perspectiva do B.W.C. Social. a) turno do dia; b) turno da noite.

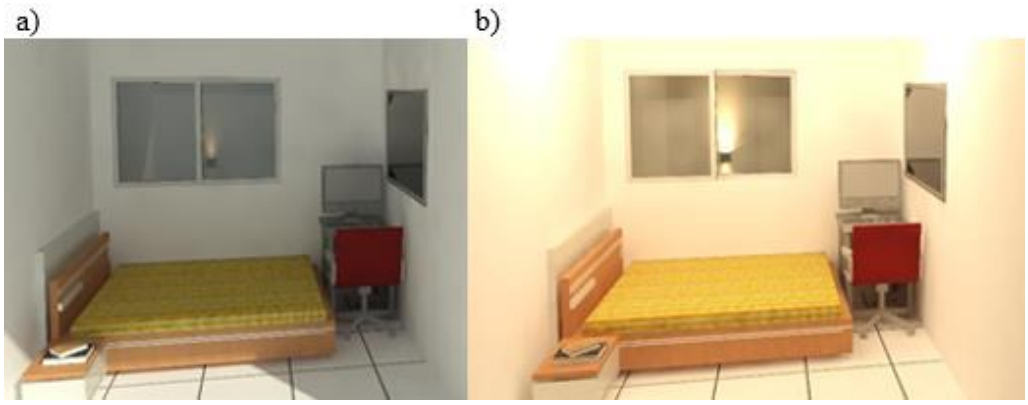



Fonte: O autor (2022).

A Figura 49 e Figura 50, são representações de quartos presentes na edificação, a Figura 49 representa o Quarto 01, que é semelhante ao Quarto 02, enquanto a Figura 50 demonstra a Suíte.

A Figura 49 representa a perspectiva em diferentes turnos do dia, do Quarto 01, sendo possível observar os elementos presentes no interior do ambiente, como: televisão, mesa, computador, bem como, a arandela que é será instalada no corredor da edificação.

Figura 49 – Perspectiva do Quarto 01. a) turno do dia; b) turno da noite.



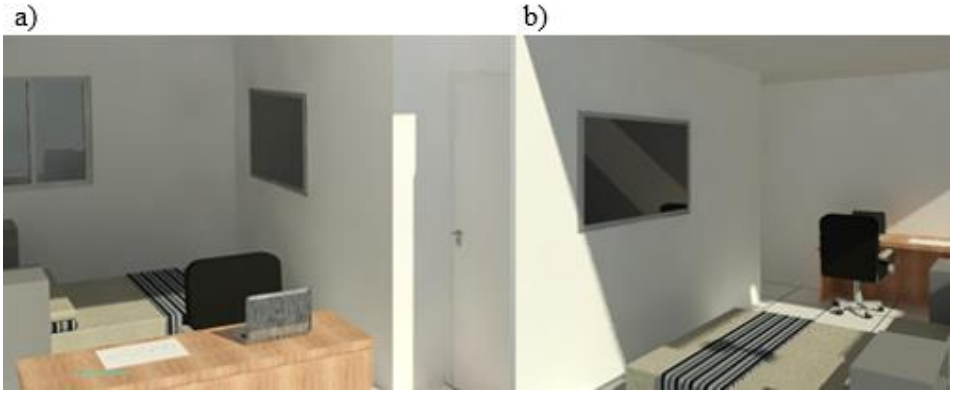

Fonte: O autor (2022).

A Figura 50 vem com uma perspectiva diferente, demonstrando o interior da Suíte em dois ângulos distintos no mesmo horário do dia.

Perto de finalizar os ambientes do pavimento térreo, a Figura 51 (a) é representada pelo o render da B.W.C. - Suíte, com seus itens semelhantes ao B.W.C. - Social, podendo

ser verificado o formato exato do box, assim como, o posicionamento da janela em relação ao chuveiro e os itens das peças sanitárias presentes no cômodo da edificação.

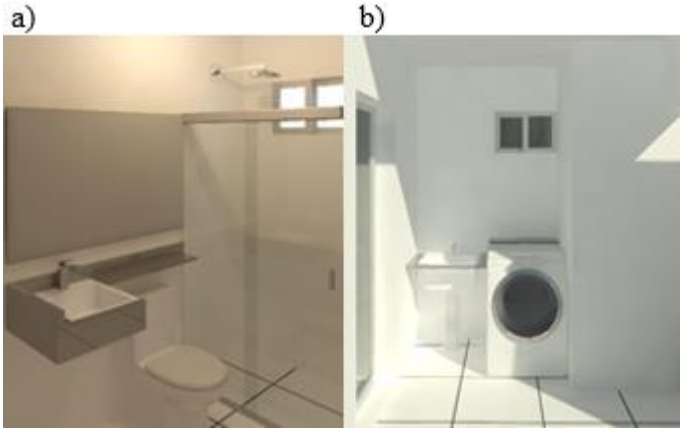
Figura 50 – Perspectiva da Suíte. a) perspectiva lateral direita; b) perspectiva lateral esquerda.




Fonte: O autor (2022).

Da mesma forma que, pode ser observado a área de serviço na Figura 51 (b) com os elementos hidrossanitários como a pia e a máquina de lavar em seus locais que foram projetos e observados na representação da planta baixa.

Figura 51 – Perspectiva dos ambientes. a) B.W.C. Suíte; b) Área de Serviço.



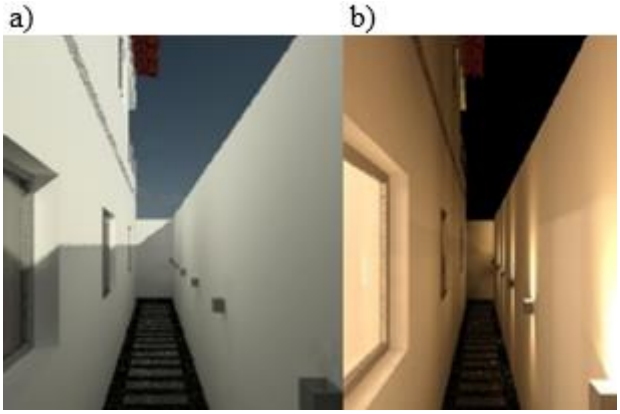

Fonte: O autor (2022).

Para finalizar os ambientes do pavimento térreo, é possível verificar na Figura 52 a perspectiva da Circulação 02, situada na parte externa da edificação representando seu comportamento em dois turnos diferentes do dia, com destaque o eixo de luz que surge a partir da utilização das arandelas, deixando o ambiente mais leve.

O pavimento superior será representado da Figuras 53 a Figura 58, demonstrando de forma simples e direta os ambientes internos da edificação. Na Figura 53, são verificados os itens presentes no ambiente de sala de estar e cozinha, com suas respectivas representações em diferentes ângulos e horários, podendo ser observado os

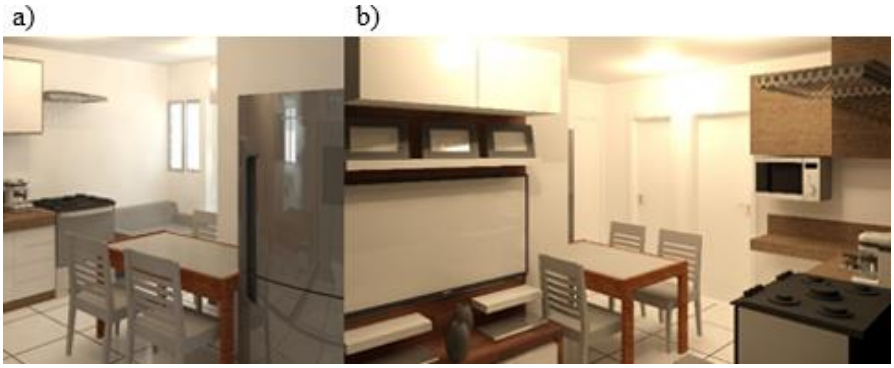
eletrodomésticos como geladeira, micro-ondas e fogão, que são alguns dos itens presentes nessa vista.

Figura 52 – Perspectiva de Circulação 02. a) turno da manhã; b) turno da noite.




Fonte: O autor (2022).

Figura 53 – Perspectiva da Sala de Estar/Cozinha do APT.01. a) turno da tarde; b) turno da noite.

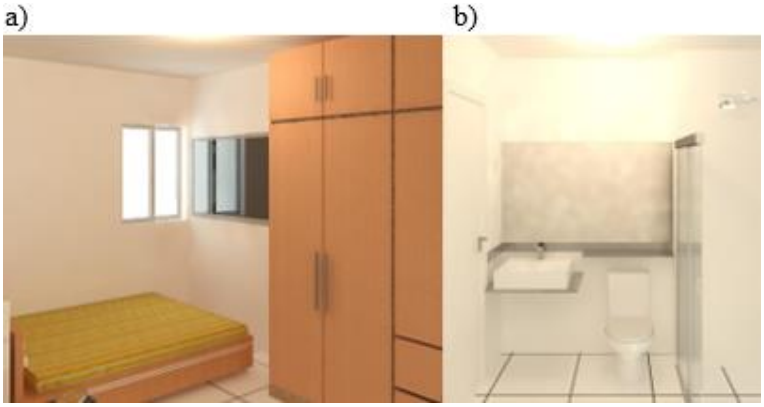



Fonte: O autor (2022).

Na Figura 54 (a), está sendo representado o Quarto – APT.01, demonstrando de forma realista os itens presentes no ambiente, onde destaca-se os revestimentos e as cores dos itens presentes, como a televisão e o guarda-roupa, também é observado a entrada de luz na natural através da janela, já a Figura 54 (b), é possível verificar a imagem do frontal do B.W.C. – APT.01 com seus itens muito bem definidos.

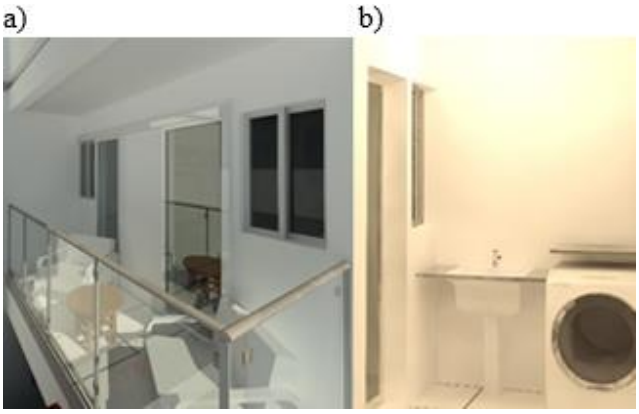
A Figura 55 (a) é a Varanda – APT.01, onde é observada a entrada de luz natural no ambiente como seu guarda-corpo de vidro e os itens presentes no ambiente com a porta para acesso a sala de estar/cozinha e a porta de acesso para a Área de Serviço visíveis, a Figura 55 (b) é a Área de Serviço – APT.01, com sua pia e o espaço reservado para a máquina de lavar sendo observado em três dimensões.

Figura 54 – Perspectiva dos ambientes – APT.01. a) Quarto; b) B.W.C.




Fonte: O autor (2022).

Figura 55 – Perspectiva de ambientes – APT.01. a) Varanda; b) Área de serviço.

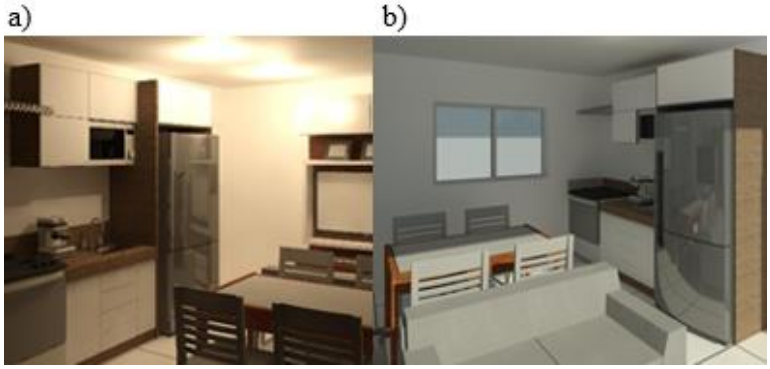



Fonte: O autor (2022).

Chegando ao último compartimento do imóvel, ou seja, o Apartamento 02, é observado da Figura 56 a Figura 58. A princípio é representado a sala de estar/cozinha na Figura 56, com a Figura 56 (a) no turno da noite e a Figura 56 (b) no turno da tarde, com ambas figuras em ângulos diferentes explorando o comportamento do ambiente nos turnos diferentes do dia, com sua iluminação natural e a iluminação artificial.

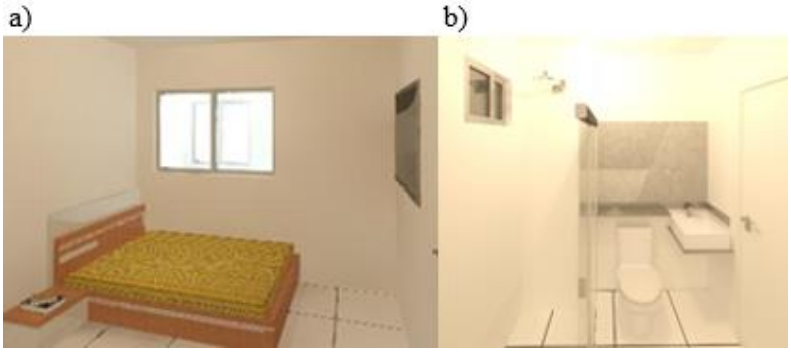
A Figura 57 é repartida em duas partes, sendo que a Figura 57 (a) representa o Quarto – APT.02, com a cama, a televisão, e sua janela que é voltada para a Área de Serviço – APT.02 e na Figura 57 (b) representa o B.W.C. – APT.02, com isso, observa-se que os banheiros da edificação seguem um padrão bem definido, facilitando assim, a sua execução pois todos os banheiros presentes na edificação têm o mesmo acabamento e a mesma estrutura.

Figura 56 – Sala de estar/cozinha – APT.02. a) turno da noite; b) turno da manhã.




Fonte: O autor (2022).

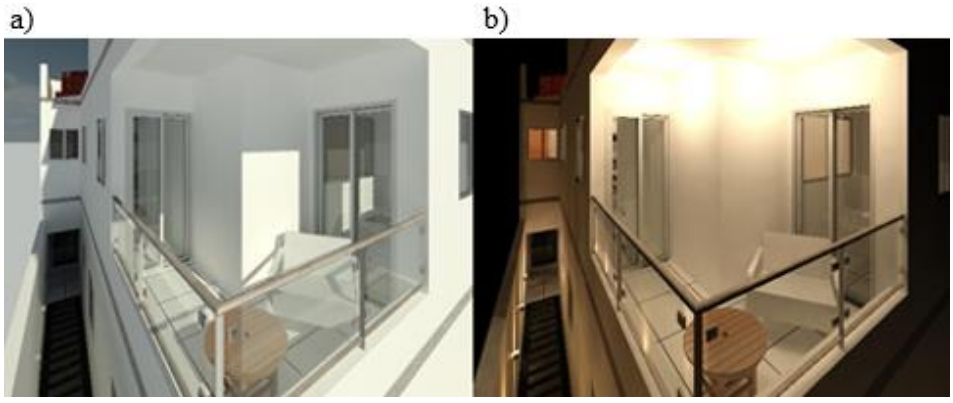
Figura 57 – Perspectiva de ambientes – APT.02. a) Quarto; b) B.W.C.




Fonte: O autor (2022).

Finalizando o uso do BIM 3D, é possível observar a perspectiva da varanda – APT.02, presentes na Figura 58 (a), no turno da manhã e Figura 58 (b) no turno da noite, as imagens estão representando os itens presentes em cada ambiente.

Figura 58 – Perspectiva da varanda – APT.02. a) turno da manhã; b) turno da noite.




Fonte: O autor (2022).

### 4.1.2. MODELO ESTRUTURAL

Como citado anteriormente o projeto estrutural foi feito com a utilização do software *Eberick*, e em seguida foi exportado para o *Revit* em formato *.ifc*, a partir dessa informação, as imagens representadas serão do software do *Revit* para manter o padrão entre as representações 3D durante esse estudo utilizado sempre o mesmo software.

As Figuras abaixo representam a modelagem dos elementos estruturais de acordo com a metodologia BIM 3D. Como pode ser observado, os elementos estruturais são divididos em cinco tons, sendo um tom laranja escuro para as fundações, a tonalidade cinza para as lajes, a tonalidade de perto mais claro para pilares, tom de verde para vigas e vigas baldrame, com a tonalidade laranja mais claro para as escadas.

Os elementos estruturais foram divididos de acordo com a sua etapa construtiva, seguindo a seguinte sequência:

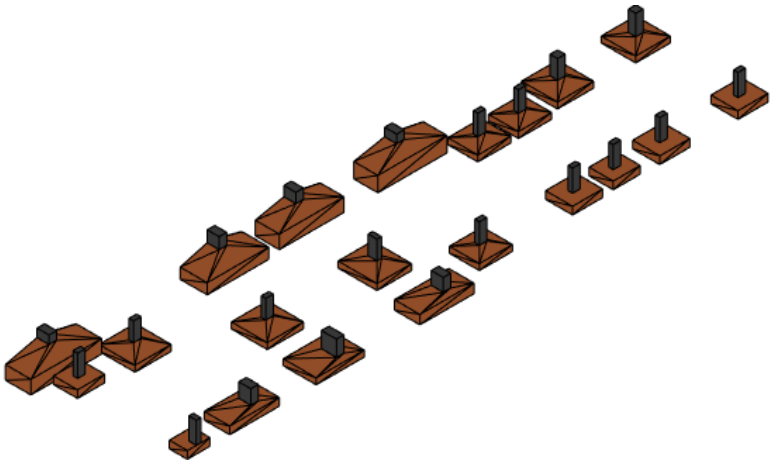
1- Fundações;
2- Viga Baldrame;
3- Pilares do Pavimento Térreo;
4- Vigas do Pavimento Térreo;
5- Laje do Pavimento Superior e Escada;
6- Pilares Pavimento Superior;
7- Vigas da Coberta;
8- Lajes da Coberta.

Logo, as 8 etapas fazem parte do 100% dos elementos estruturais, cada etapa corresponde a 12,5% da execução da estrutura. As etapas citadas acima serão representadas através da Figura 59, até a Figura 67, podendo ser observado na metodologia BIM 3D cada etapa construtiva estrutural.

A primeira imagem a ser apresentada nesse tópico é Figura 59, trazendo consigo o percentual de 12,5% da etapa construtiva finalizada, com a representação da Fundação e os arranques de pilares, com destaque para a visualização das sapatas de divisa, que estão localizadas no início da edificação, pelo fato dessa parte ser projetada sem o recuo lateral, fazendo com que a sapata não invada os terrenos vizinhos.

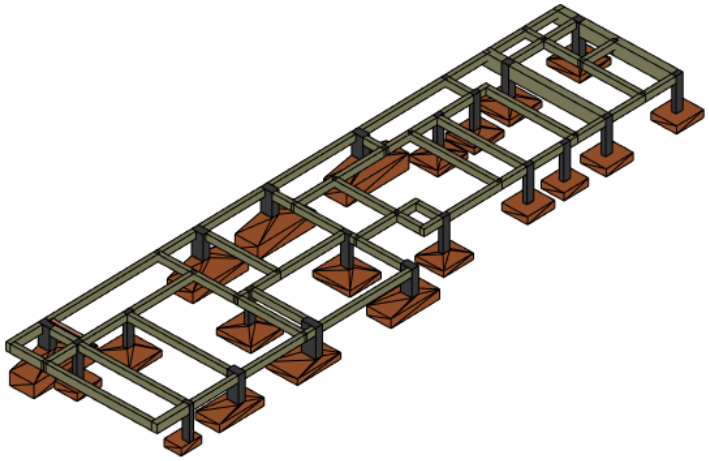
Em seguida pode ser observada a Figura 60, com 25% da estrutura concluída com as vigas baldrames finalizadas, dando início a divisão dos cômodos para em seguida dar criar aos pilares da edificação.

Figura 59 – Perspectiva de fundação e arranque de pilares ou pilar de fundação.



Fonte: O autor (2022).

Figura 60 – Perspectiva de Fundações + Viga Baldrame.



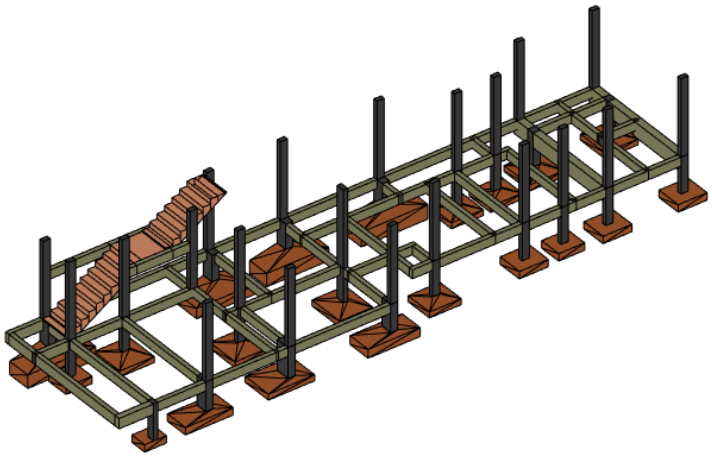
Fonte: O autor (2022).

A Figura 61, apresenta 37,5% do projeto estrutural com os pilares do Pavimento Térreo sendo o próximo passo a inserção das Vigas do Pavimento Térreo, e a confecção das Lajes. A parte da escada está representada na Figura, entretanto, seus detalhes serão observados com mais precisão na Figura 63.

Dando continuidade, e somando mais 12,5% do valor anterior para a inserção das vigas, temos o total de 50% da estrutura finalizada, porém, para uma melhor exibição foi inserido na vista as lajes do pavimento superior e escada acrescentando mais 12,5% do

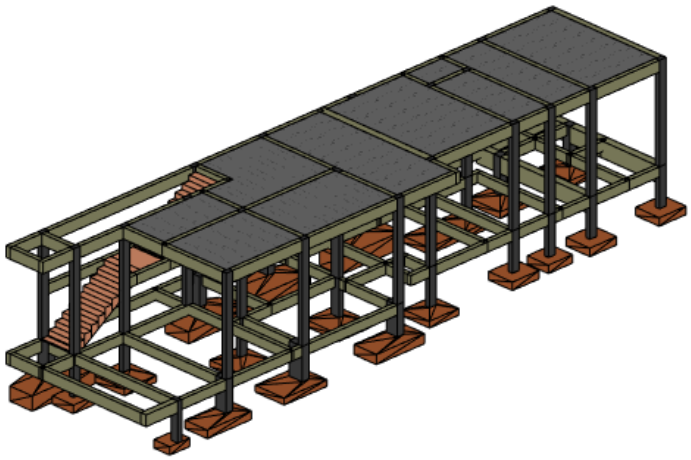
valor citado acima de 50%. Portanto, a Figura 62 condiz a 62,5% do valor finalizado da estrutura, estando presente todas as lajes para esse momento da edificação, bem como as vigas superiores e os elementos estruturais que já tinham sido modelados.

Figura 61 – Perspectiva da estrutura do Pavimento Térreo (pilares).



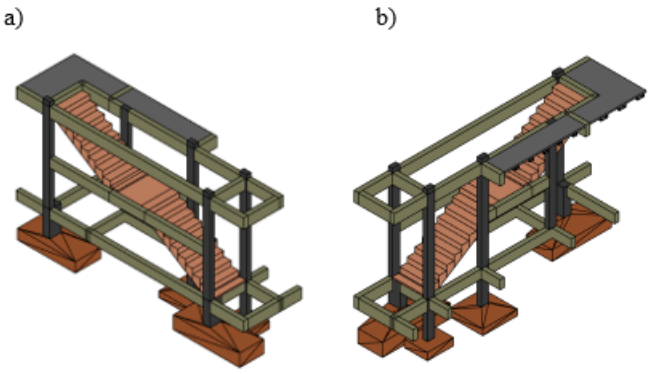
Fonte: O autor (2022).

Figura 62 – Perspectiva da estrutura completa do Pavimento Térreo.



Fonte: O autor (2022).

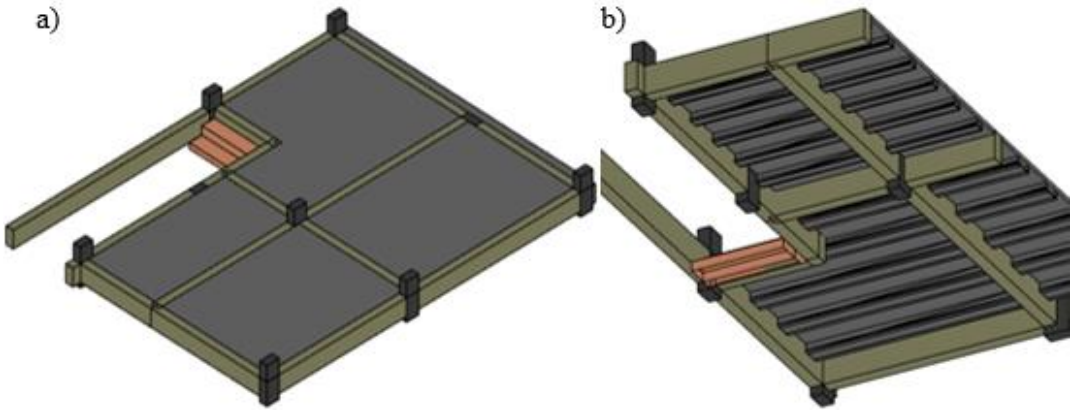
Figura 63 – Perspectiva de detalhe da escada. a) perspectiva esquerda; b) perspectiva direita.




Fonte: O autor (2022).

Na Figura 64, observa-se a estrutura de lajes em diferentes ângulos, com um total de 4 lajes treliçadas com o posicionamento de suas vigas, e seus respectivos pilares.

Figura 64 – Perspectiva de detalhe da Laje. a) Perspectiva Superior; b) Perspectiva Inferior.

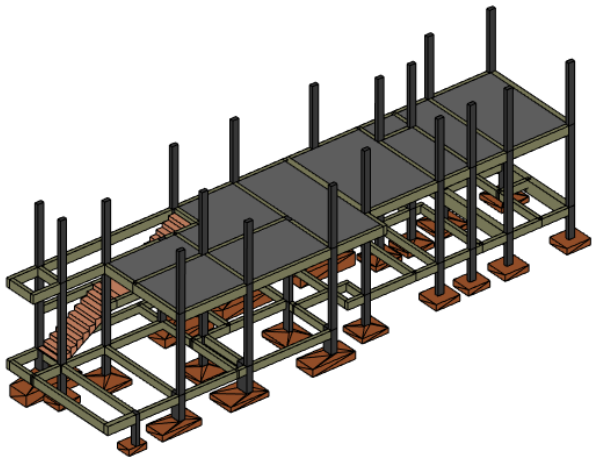



Fonte: O autor (2022).

Próximo ao final da estrutura completa, a Figura 65 representa 75% da estrutura finalizada, com todos os pilares do Pavimento Superior modelados em seus devidos locais.

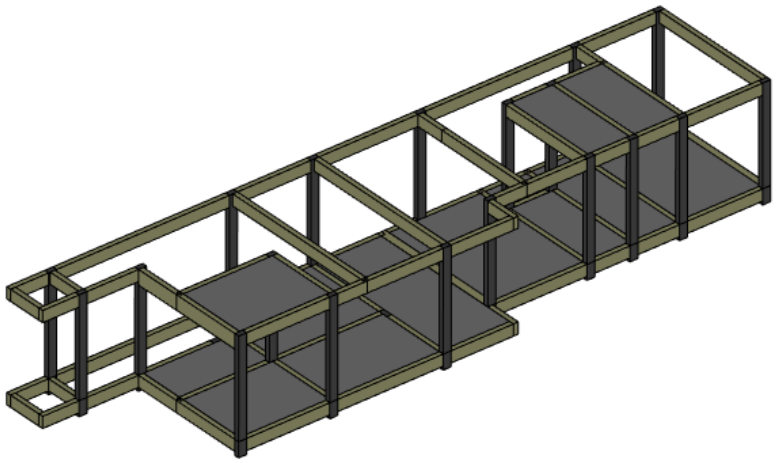
Com 87,5% a Figura 66 corresponde as vigas do nível da Coberta, que somando a parcela de 12,5% com a criação as Lajes chegamos ao total de 100% das etapas dos elementos estruturais. Portanto, a Figura 66 apresenta toda a estrutura do Pavimento Superior, bem como, a estrutura presente no nível da Coberta, podendo ser observado as vigas de travamento assim como as lajes que servirão de abrigo para caixa d'água, localizadas no início e próximo ao final da edificação.

Figura 65 – Perspectiva da estrutura do Pavimento Térreo + Pavimento Superior.



Fonte: O autor (2022).

Figura 66 – Perspectiva da estrutura do Pavimento Superior + Coberta.

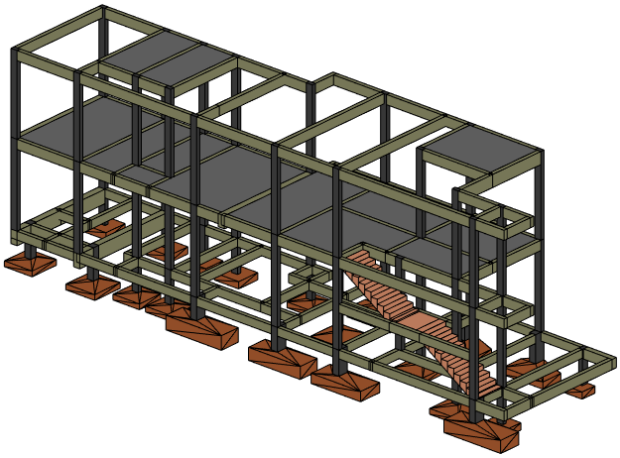


Fonte: O autor (2022).

Por fim, a Figura 67 e a Figura 68 reproduzem 100% dos elementos estruturais finalizados, em dois ângulos diferentes de visualização. Com isso, observa-se todos os elementos estruturais presentes no projeto (fundações, arranque de pilares, vigas baldrame, pilares, vigas, lajes e escadas), cada um com sua tonalidade bem definida, facilitando assim, o reconhecimento de cada item da estrutura.

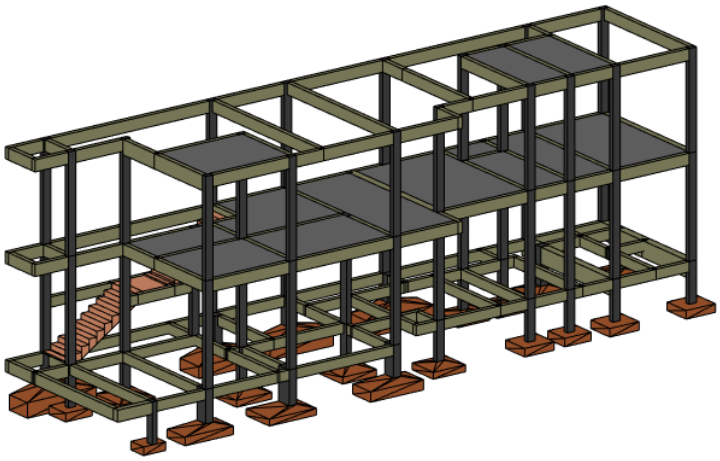
Portanto, nesse tópico foi possível perceber a importância do detalhamento BIM 3D, que simboliza os elementos em três dimensões, onde foi verificado o detalhamento de cada item em especifico, compartilhando condições que irão facilitar para identificar possíveis problemas de interferência entre os projetos presentes nessa edificação.

Figura 67 – Perspectiva geral do projeto estrutural 01.



Fonte: O autor (2022).

Figura 68 – Perspectiva geral do projeto estrutural 02.



Fonte: O autor (2022).

### 4.1.3. MODELO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

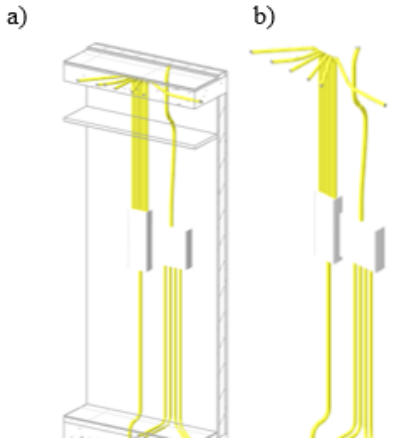
O projeto de instalações elétricas foi modelado através com o manuseio do *software Revit*, como o arquitetônico e o projeto de instalações hidrossanitárias (demonstrado no tópico seguinte).

A partir da Figura 69 a Figura 79, é possível verificar a representação das instalações elétricas como: pontos de luz, pontos de tomada, interruptores, assim como, os eletrodutos, quadro VDI e quadro de distribuição, que fazem a ligação entre os itens que compõem alguns ambientes do projeto de instalações elétricas.

O projeto de instalações elétricas foi feito através do vínculo (a adição do projeto arquitetônico) da obra em questão, pois por meio do modelo arquitetônico foi possível definir a posição de todos os itens do projeto de instalações elétricas. Os primeiros elementos a serem caracterizados estarão presentes na Figura 69, Figura 70 e Figura 71, pois verificam os quadros de distribuição e VDI da edificação.

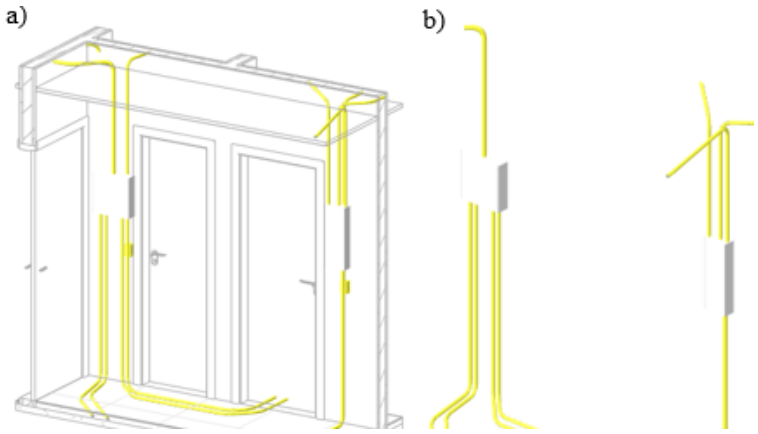
Dando início aos ambientes da edificação a princípio é observada a Figura 72, tal Figura simboliza a sala de estar do Pavimento Térreo, com seus respectivos itens elétricos e o posicionamento da ligação entre esses elementos, na Figura 72 (a), é possível observar a ligação planejada dos itens elétricos para alimentarem os elementos do rack posicionados no ambiente, com as tomadas embutidas na parte posterior do rack. Sendo que a Figura 72 (b) apresenta apenas os elementos que compõe o projeto de instalações elétricas.

Figura 69 – Perspectiva do quadro de distribuição e quadro VDI (TÉRREO) – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem o vínculo arquitetônico.



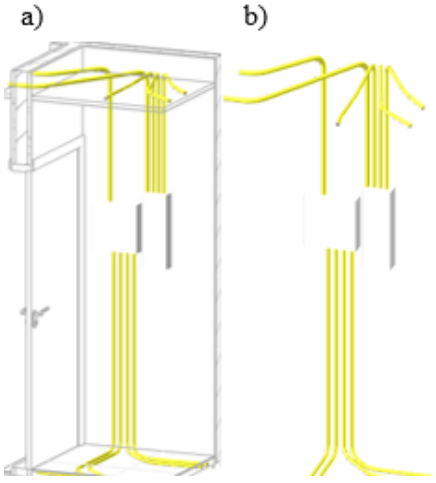

Fonte: O autor (2022).

Figura 70 – Perspectiva do quadro de distribuição e Quadro VDI (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.



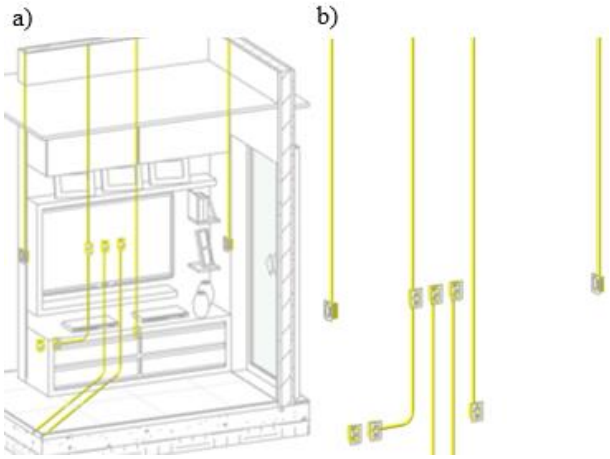

Fonte: O autor (2022).

Figura 71 – Perspectiva quadro de distribuição e quadro VDI (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Figura 72 – Perspectiva da instalação elétrica da Sala de Estar (TÉRREO) – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.



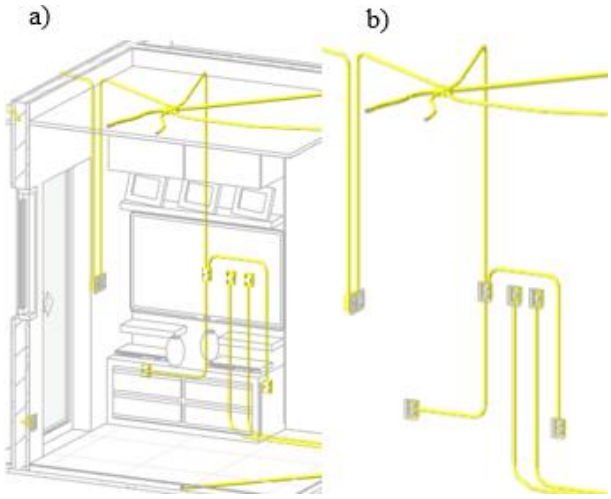

Fonte: O autor (2022).

Na Figura 73, é observada a modelagem da Sala de Estar do apartamento 01, com destaque dos itens elétricos, a Figura 73 (a) verifica-se que os itens de tomada foram planejados previamente para alimentar os eletrodomésticos como é visto a televisão.

Finalizando a representação dos ambientes da sala de estar, a Figura 74 apresenta a modelagem da sala de estar do apartamento 02, sendo representada os elementos elétricos como as tomadas como: o ponto de luz, o posicionamento exato dos eletrodutos que passam pelo espaço da sala de estar e a disposição das tomadas no local.

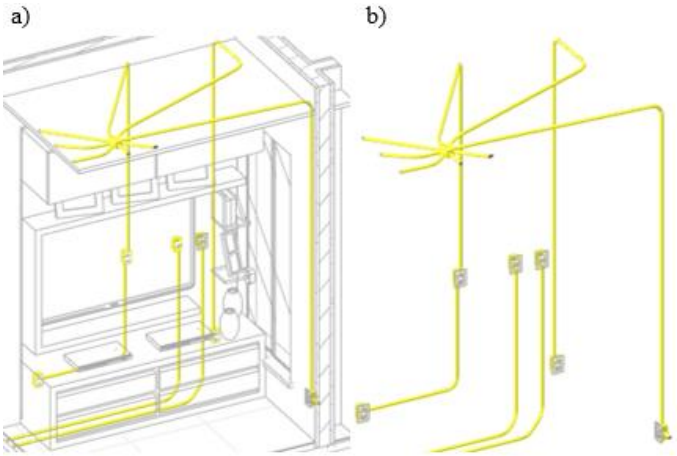
A Figura 75, Figura 76 e Figura 77 demonstram a modelagem dos quartos do imóvel, com todos os itens do projeto elétrico desses espaços.

Figura 73 – Perspectiva da instalação elétrica da Sala de Estar (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

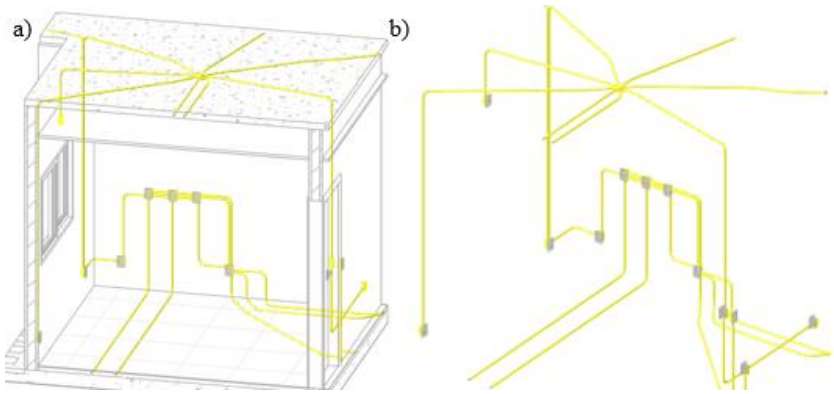
Figura 74 - Perspectiva instalação elétrica da Sala de Estar (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Deste bloco, a Figura 75 é a primeira a ser apresentada, pois destaca a modelagem do Quarto 01, com isso, verifica-se a instalação do ponto de luz no mesmo nível que a laje, esse elemento é encontrado no centro superior da imagem e será responsável pela passagem dos eletrodutos, próximo a esse ponto é observado a existência de uma tomada alta representada terá uma potência diferente das demais pois nela será feita a ligação do ar condicionado. Ainda nesse ambiente é possível verificar a modelagem das tomadas, pontos de televisão e dados, deixando de forma clara a instalação no espaço.

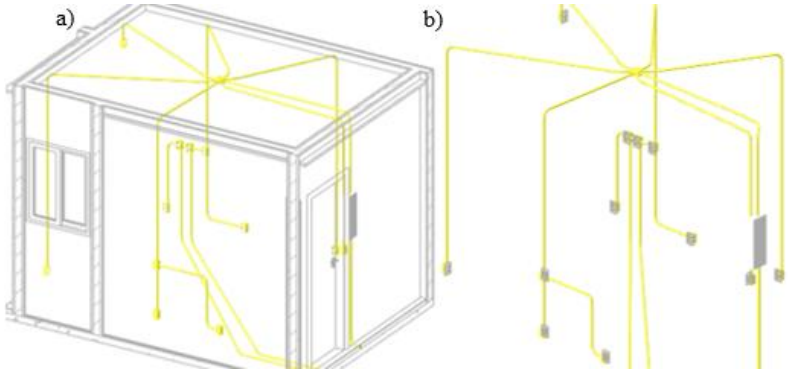
Figura 75 - Perspectiva instalação elétrica do Quarto 01 (TÉRREO) – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

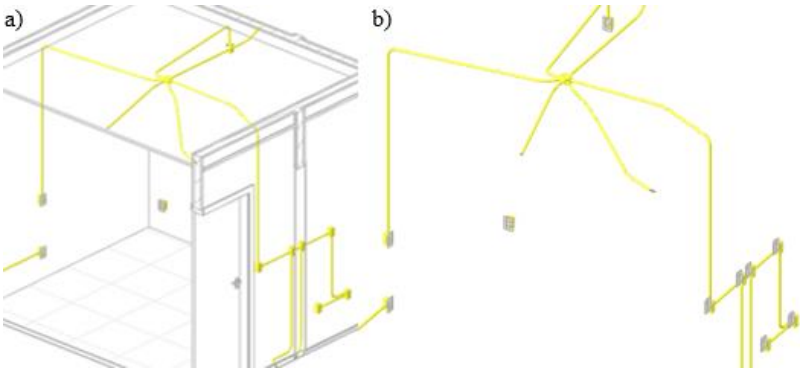
A Figura 76 vem de encontro ao Quarto - APT.01 e a Figura 77 simboliza o Quarto - APT.02. Ambos são apresentados por sua respectiva modelagem com suas tomadas, interruptores e pontos de luz, assim como na Figura 75 as duas Figuras apresentam o posicionamento dos elementos elétricos dos Quartos do Pavimento Superior.

Figura 76 - Perspectiva da instalação elétrica do Quarto (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

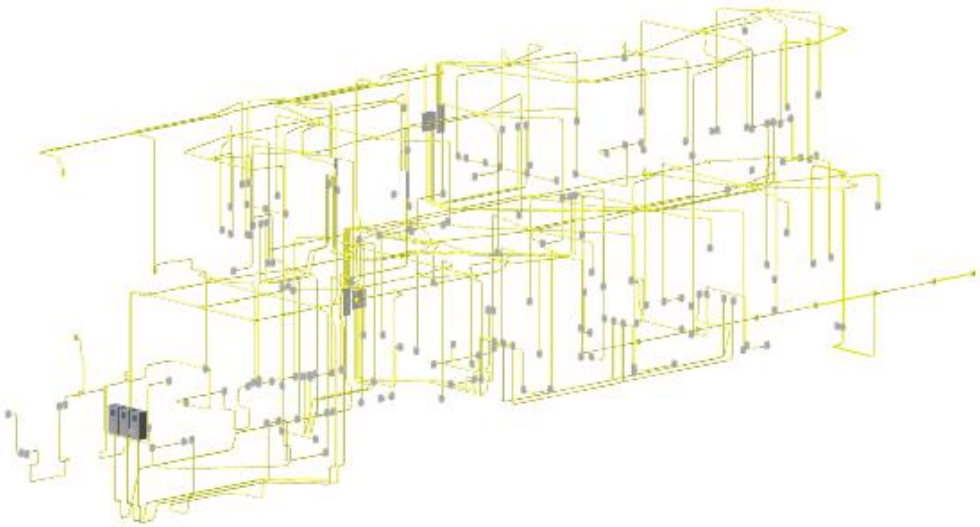
Figura 77 - Perspectiva instalação elétrica do Quarto (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

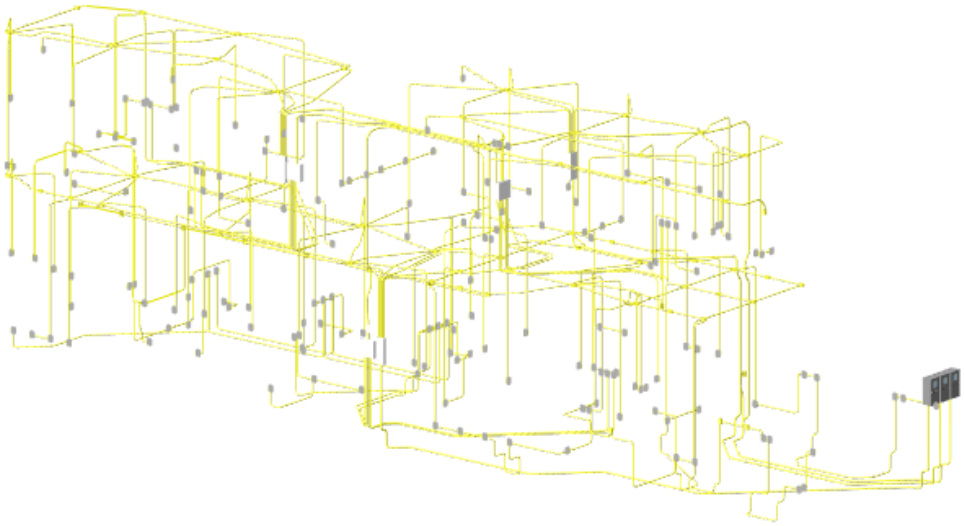
Finalizando as perspectivas do modelo do projeto de instalações elétricas, constata-se a perspectiva geral do projeto, na Figura 78 e Figura 79.

Figura 78 – Perspectiva geral do projeto de instalações elétricas 01.



Fonte: O autor (2022).

Figura 79 – perspectiva geral do projeto de instalações elétricas 02.



Fonte: O autor (2022).

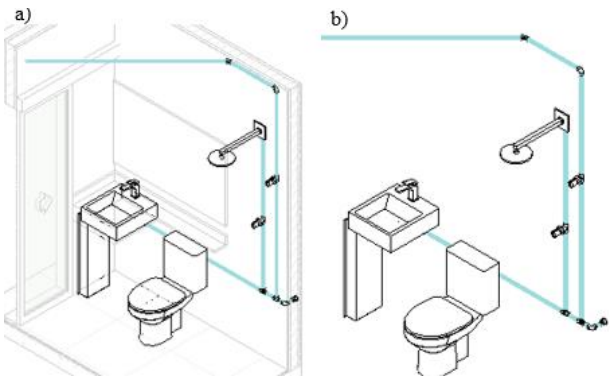
### 4.1.4. MODELO HIDROSSANITÁRIO

Finalizando o tópico da modelagem BIM 3D, verifica-se a modelagem do projeto hidrossanitário, tal projeto retrata as instalações de água fria e esgoto da edificação.

A Figura 80, Figura 81 e Figura 82 apresentam a ligação de água fria, ligação de esgoto e a junção das duas ligações, respectivamente. Logo, todas as Figuras mencionadas simbolizam as instalações hidrossanitárias da Suíte.

A princípio a Figura 80 representa apenas a instalações de água fria, com seus elementos bem definidos como a tubulação presente na cor azul que corresponde ao diâmetro de 25mm, os joelhos e os registros também são representados sendo visível o registro de gaveta, quanto o do chuveiro.

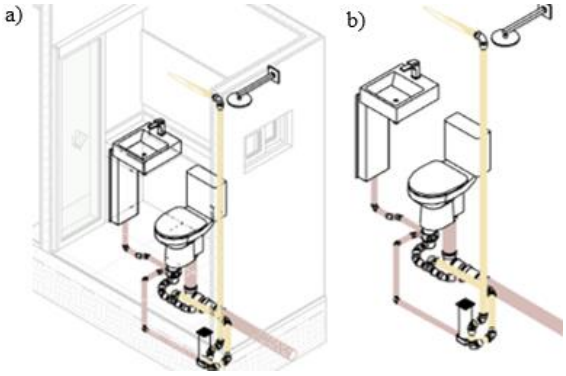
Figura 80 – Perspectiva de instalação de água fria da SUÍTE – Pavimento Térreo. a) Modelado com vínculo arquitetônico; b) Modelado sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Por outro lado, a Figura 81 simboliza os elementos da instalação de esgoto reproduzindo os tubos de ventilação (em amarelo) e os tubos de esgoto (em marrom), por fim, é possível observar os ralos e caixa de inspeção presentes no projeto.

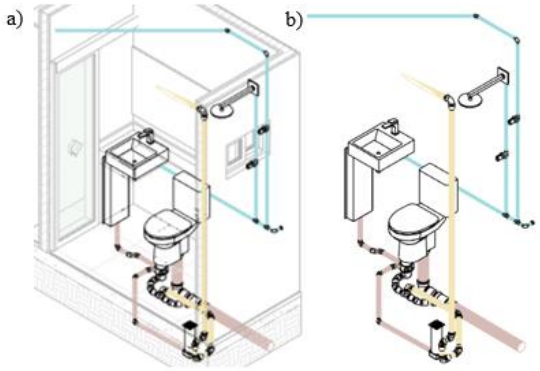
Figura 81 – Perspectiva de instalação de esgoto da SUÍTE – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Portanto, finalizando a representação completa, a Figura 82 exibe a junção da Figura 80 e Figura 81, com todos os itens do projeto hidrossanitário, ou seja, a Figura apresenta a instalação de água fria e esgoto, onde é verificado o posicionamento e a integração de todas as peças presentes no ambiente.

Figura 82 – Perspectiva da instalação hidrossanitária da SUÍTE – Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.



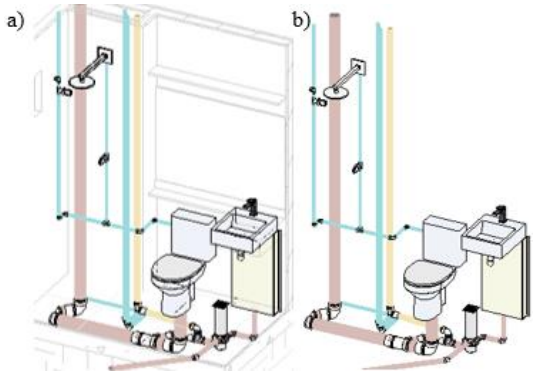

Fonte: O autor (2022).

Dando sequência aos resultados do modelo hidrossanitário, a Figura 83 e Figura 84, representam ambientes que estão localizados no Pavimento Térreo.

A Figura 83 retrata o B.W.C. – Social, espaço que traz consigo uma grande importância para a fluidez do projeto hidrossanitário, pois no ambiente foi instalado um *shaft*, elemento que auxilia a passagem dos tubos de alimentação para as caixas d'água presentes na edificação, bem como, a passagem dos tubos de esgoto do Pavimento

Superior para o Pavimento Térreo sem prejudicar a estrutura da edificação, também é possível constatar a presença do tudo de ventilação, fazendo assim, uma melhor integração entre os projetos minimizando possíveis prejuízos na obra.

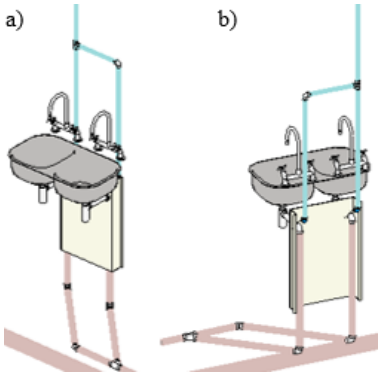
Figura 83 – Perspectiva de instalação hidrossanitária do B.W.C SOCIAL- Pavimento Térreo. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Finalizando a apresentação dos itens do Pavimento Térreo destaca-se a Figura 84 pois apresenta a perspectiva da Cozinha do Pavimento Térreo em dois ângulos diferentes, com as ligações de água fria e de esgoto, verifica-se a existência de duas torneiras, necessitando assim, a chegada de dois tubos de água fria com 25mm cada e a saída de dois tubos de esgoto com 40mm de diâmetro como representado na Figura. Também, evidencia a utilização da carenagem hidráulica para evitar furos na viga baldrame.

Figura 84 – Perspectiva da instalação hidrossanitária da COZINHA – Pavimento Térreo. a) Vista frontal; b) Vista dos fundos.

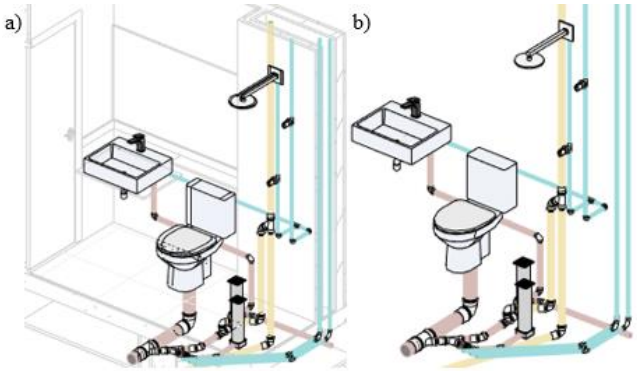



Fonte: O autor (2022).

Os itens do Pavimento Superior, serão representados pela Figura 85, Figura 86, Figura 87 e Figura 88, seguindo a sequência com os elementos sanitários do apartamento 01 e apartamento 02, respectivamente.

A Figura 85 será a primeira a ser apresentada, destacando o B.W.C. – APT.01, constata-se a presença de todos os itens hidrossanitários, como a tubulação de água fria, tubulação de esgoto e tubulação de ventilação, é importante destacar a presença do *shaft*, pois faz a conexão dos itens que seguiram da Figura 83 e chegarão a alimentar as caixas d'água presentes no nível da Coberta, outro ponto a ser destacado é a junção dos tubos de ventilação do apartamento 01, com o tubo de ventilação oriundo do B.W.C. – Social, fazendo com que chegue até o nível desejado com apenas um tubo.

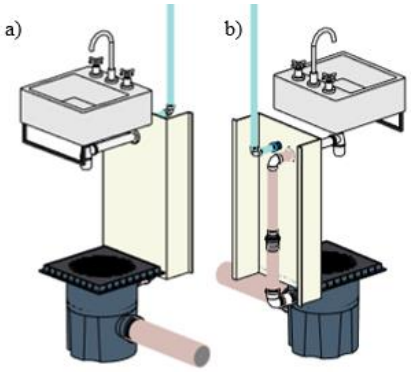
Figura 85 – Perspectiva da instalação hidrossanitária do B.W.C. (APT.01) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Ainda no apartamento 01 a Figura 86 expõe a instalação da cozinha, com destaque para caixa de gordura exclusiva do ambiente, bem como, a chegada do tubo de água fria e a saída do tubo de esgoto, sendo possível observar o sifão que conecta a saída da pia até a caixa de gordura, através do tubo de esgoto com joelhos, bucha de redução e a utilização da carenagem hidráulica.

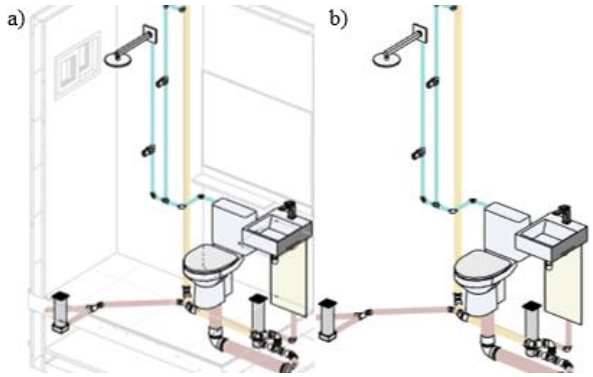
Figura 86 – Perspectiva de instalação hidrossanitária da COZINHA (APT.01) – Pavimento Superior. a) Vista frontal; b) Vista dos fundos.




Fonte: O autor (2022).

O primeiro ambiente representado do apartamento 02 está na Figura 87, nada mais é que o B.W.C. – APT.02, como os demais banheiros apresentados anteriormente o cômodo aponta todos os itens do projeto hidrossanitário, com seu *shaft* composto pelo tubo de ventilação e tubo de água fria. Um ponto importante a ser destacado é sobre a utilização da carenagem hidráulica que foi utilizada em todos os banheiros do Pavimento Térreo, será utilizada apenas no B.W.C. – APT.02.

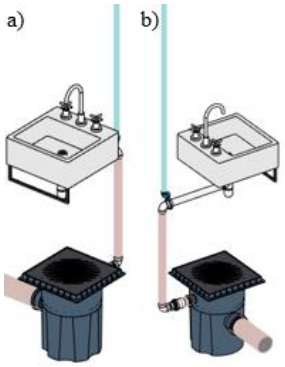
Figura 87 – Instalação hidrossanitária do B.W.C. (APT.02) – Pavimento Superior. a) Modelo com vínculo arquitetônico; b) Modelo sem vínculo arquitetônico.




Fonte: O autor (2022).

Concluindo os ambientes do Pavimento Superior, a Figura 88 traz consigo a instalação da Cozinha do apartamento 02, observa-se que a instalação é semelhante a do apartamento 01, porém nota-se que no apartamento 02 não foi necessário a utilização da carenagem hidráulica, possuindo um sifão com um prolongador maior.

Figura 88 – Instalação hidrossanitária da COZINHA (APT.02) – Pavimento Superior. a) Vista frontal; b) Vista dos fundos.




Fonte: O autor (2022).

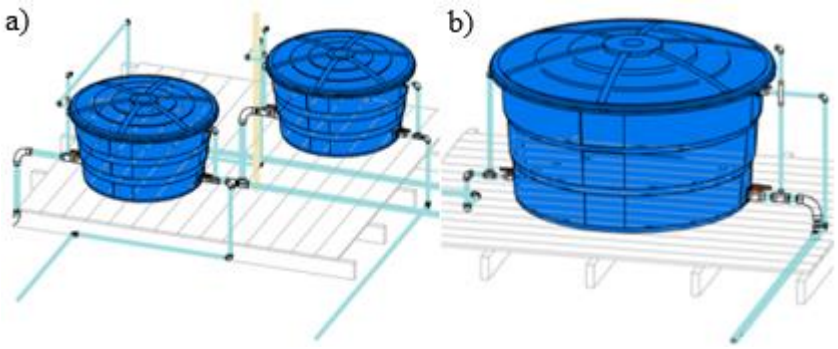
No nível mais alto da edificação chamado de Coberta, verifica-se a existência dos reservatórios presentes na edificação, na Figura 89 (a) observa-se as duas caixas de 500L,

onde cada caixa alimentará um apartamento, por outro lado, na Figura 89 (b) é possível notar a caixa d'água de 1.500L reservada para alimentação do Pavimento Térreo.

Portanto, na Figura 89, é possível observar os elementos presentes em nos reservatórios da edificação, como os tubos de alimentação, ventilação, extravasor e demais itens que compõem a estrutura da caixa d'água.

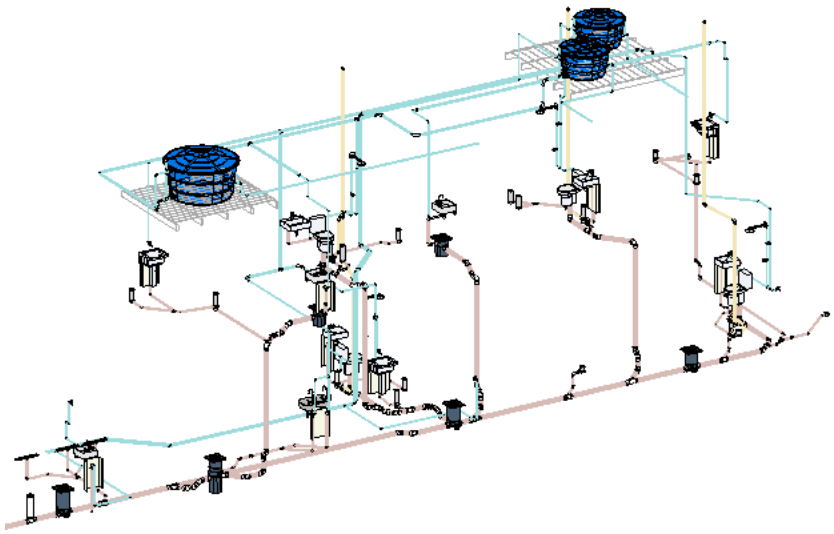
Finalizando o tópico 4.1.4, é possível verificar as perspectivas isométricas do projeto hidrossanitário na Figura 90 e Figura 91. Sendo assim, a imagem geral em dois ângulos de visualização diferentes, sendo uma perspectiva voltada a lateral direita e a segunda perspectiva direcionada a lateral esquerda com o posicionamento de todos os itens do projeto de instalações hidrossanitárias presentes na edificação.

Figura 89 – Instalação das caixas d'água. a) Caixas d'água de 500L; b) Caixa d'água de 1.500L.



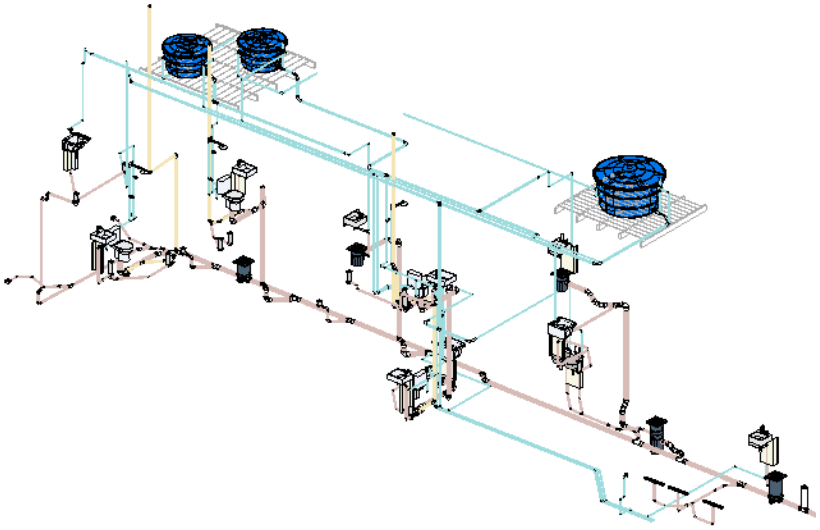

Fonte: O autor (2022).

Figura 90 – Perspectiva isométrica projeto hidrossanitário 01.



Fonte: O autor (2022).

Figura 91 – Perspectiva isométrica projeto hidrossanitário 02.



Fonte: O autor (2022).

## 4.2. BIM 4D

### 4.2.1. ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA

A análises foram feitas a partir da interação de todos os projetos presentes na edificação. Logo, através das condições apresentadas, foi possível fazer a análise de interferência dos projetos citados anteriormente, sendo elas:

1. Projeto Estrutural x Projeto Arquitetônico;
2. Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Elétricas;
3. Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Hidrossanitárias;
4. Projeto Arquitetônico x Projeto de Instalações Elétricas;
5. Projeto Arquitetônico x Projeto de Instalações Hidrossanitárias;
6. Projeto de Instalações Elétricas x Projeto de Instalações Hidrossanitárias;
7. Projeto de Instalações de Água Fria x Projeto de Instalações de Esgoto (Projeto de Instalações Hidrossanitárias);

Por fim, foi realizada uma análise geral de interferências entre todos os projetos, visando verificar e solucionar os erros encontrados, com isso, cada interferência foi analisada individualmente do item 4.2.3.1 ao item 4.2.3.7, sendo que, o item 4.2.3.8, traz uma análise geral de todos os projetos envolvidos.

#### 4.2.1.1. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO ARQUITETÔNICO

A interferência analisada neste tópico, ocorreu entre o Projeto Estrutural x Projeto Arquitetônico, sendo assim, obtidos os seguintes dados de acordo com Figura 92.

Figura 92 – Análise de interferência entre os projetos estrutural e arquitetônico.

Clash Detective

ARQ. x EST.

Last Run: segunda-feira, 16 de maio de 2022 17:43:52

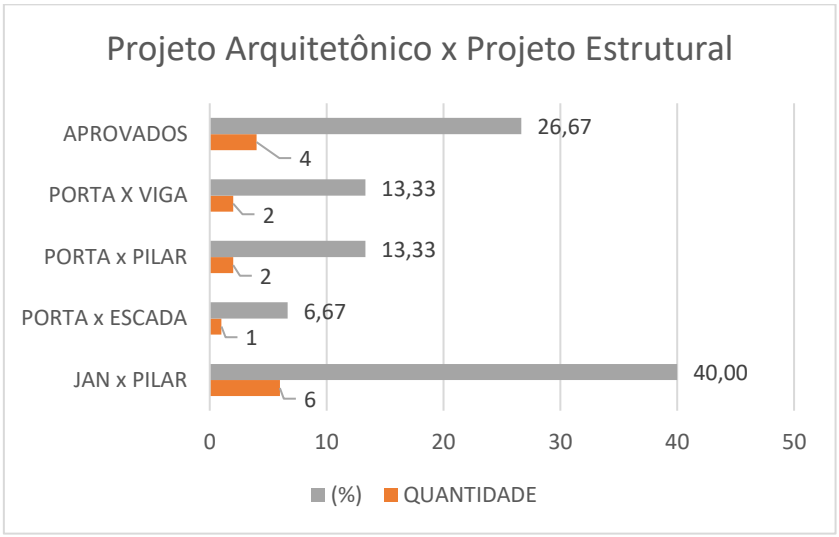
Clashes - Total: 169 (Open: 169 Closed: 0)

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

O gráfico presente na Figura 93 representa a quantidade de interferências encontradas na Figura 92, separadas por cada interferência encontrada e analisada.

Figura 93 – Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: estrutural e arquitetônico.



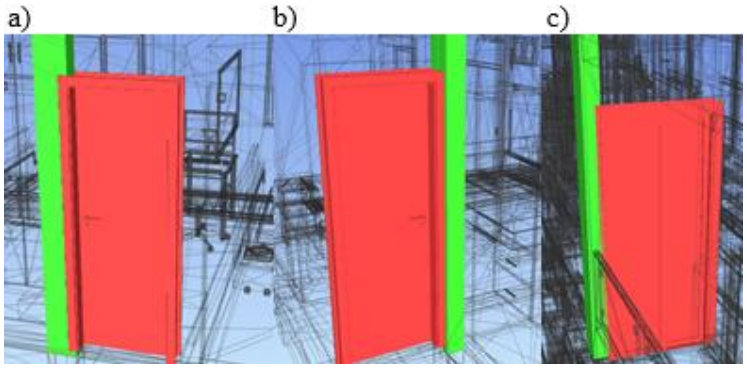

Fonte: O autor (2022).

Os dados presentes no gráfico da Figura 93, podem ser comprovados a partir da Figura 94, e vão até a Figura 98, como demonstrado a seguir.

1. APROVADOS:

Nessa situação, as interferências aprovadas são as que compreendem em incompatibilidades encontradas pelo *software,* mas que não comprometem a instalação dos elementos de alguns dos projetos, como demonstrado na Figura 94.

Figura 94 – Interferências aprovadas. a) guarnição de porta de abrir e pilar (01); b) guarnição de porta de abrir e pilar (02); c) guarnição de porta de correr e pilar.

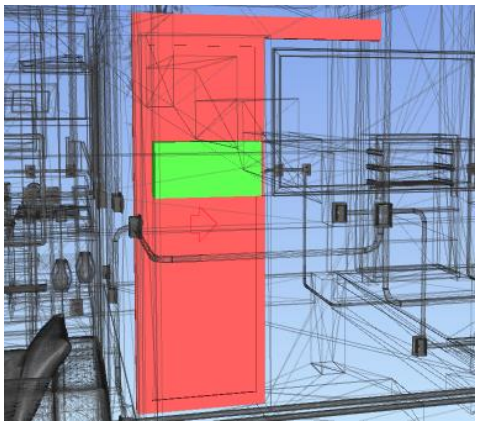



Fonte: O autor (2022).

2. PORTA x VIGA:

Foi verificado que a porta projetada não era compatível com o projeto estrutural, pois foi encontrado uma incompatibilidade entre a porta de correr a viga da escada devido a sua altura, como descrito na Figura 95.

Figura 95- Interferência encontrada entre porta de correr e viga.

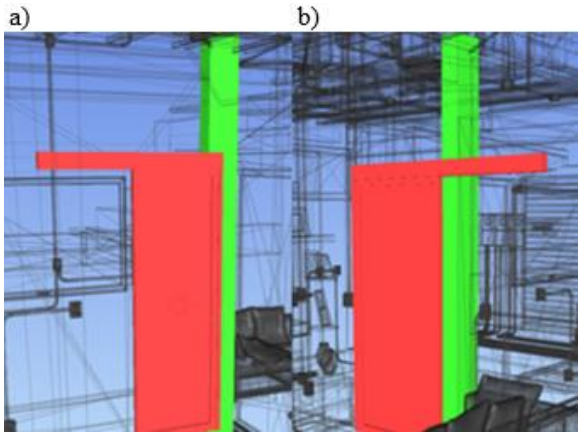


Fonte: O autor (2022).

3. PORTA x PILAR:

É observado que a incompatibilidade foi encontrada em duas maneiras diferentes, a primeira é encontrada na Figura 96 (a) onde demonstra que ao fechar a porta ela encontra o eixo do pilar, torando dessa forma, incompatível para esse espaço, e na Figura 96 (b) o trilho da porta de correr interfere diretamente na estrutura pilar.

Figura 96 – Interferência encontrada entre pilar e porta; a) Porta de correr e pilar (01); b) Porta de correr e Pilar (02).

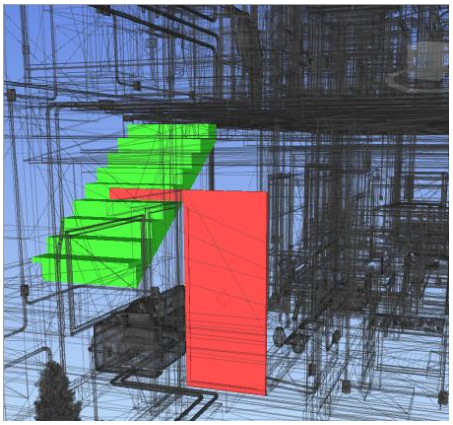



Fonte: O autor (2022).

4. PORTA x ESCADA:

O eixo de abertura da porta planejada entrou em conflito com o vão da escada, logo, a incompatibilidade foi encontrada e está demonstrada na Figura 97.

Figura 97 – Interferência entre porta e escada.

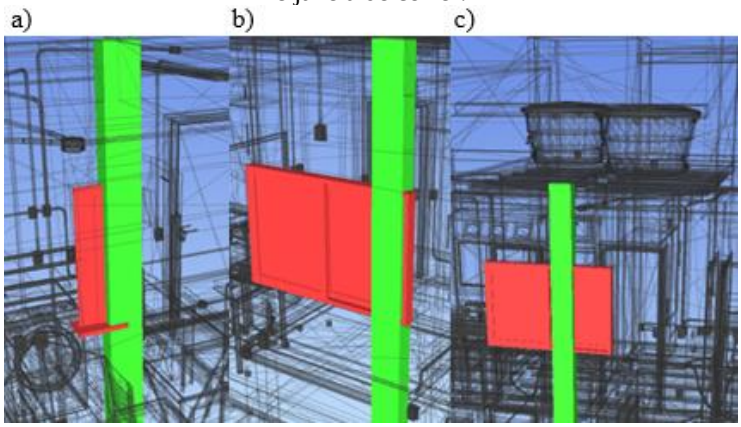


Fonte: O autor (2022).

5. JANLEA x PILAR:

Nesse caso foram encontradas algumas situações em diferentes ambientes da edificação, onde os elementos estão ocupando o mesmo espaço, como observado na Figura 98.

Figura 98 – Interferência entre pilar e janela; a) Pilar e janela pivotante; b) Pilar e janela de correr; c) Pilar e janela de correr.




Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.1.2. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A interferência analisada neste tópico, ocorreu entre o Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Elétricas, com isso, foram obtidas mais de 160 incompatibilidades, os seguintes dados são de acordo com Figura 99.

Figura 99 – Análise de interferência entre os projetos: estrutural e instalações elétricas.

Clash Detective

EST x ELÉ

Last Run: segunda-feira, 16 de maio de 2022 17:31:35

Clashes - Total: 15 (Open: 11 Closed: 4)

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 85 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 |

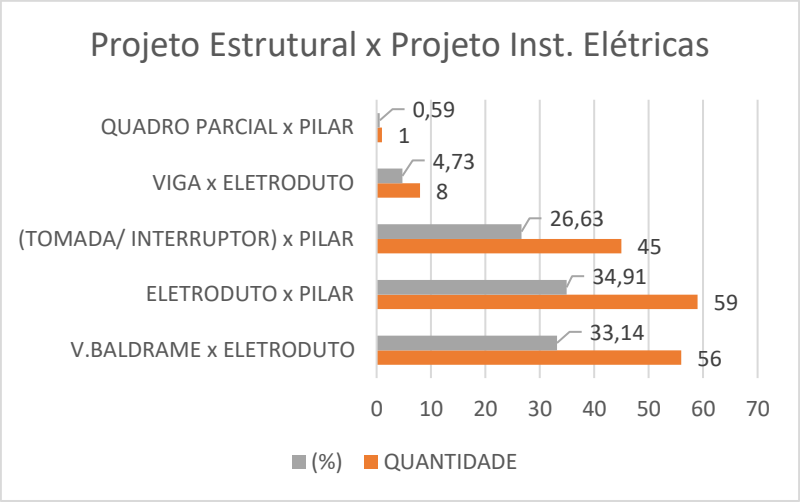
Fonte: O autor (2022).

Cada tipo de interferência identificada foi registrada e quantificada como está presente no gráfico da Figura 100 que filtra por tipo de interferência a quantidade total encontrada na Figura 99.

Através da filtragem das interferências, tais incompatibilidades encontradas serão apresentadas a seguir. A Figura 101 é a primeira a ser apresentada e corresponde a incompatibilidade entre o quadro parcial e o pilar, representando a parcela de 0,59% das interferências entre esses projetos, por outro lado, a Figura 105 é a última a ser lançada

nesse tópico e equivale a duas das 56 interferências encontradas entre a viga baldrame e o eletroduto.

Figura 100 – Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos estrutural e instalações elétricas.

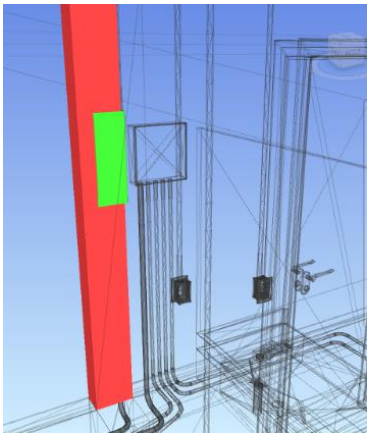



Fonte: O autor (2022).

1. QUADRO PARCIAL x PILAR:

Após ser realizada a junção de todos os projetos para verificar as interferências entre eles, foram verificadas as incompatibilidades entre o projeto estrutural, e o projeto de instalações elétricas, tal interferência corresponde ao problema entre o pilar e o quadro de distribuição, como na Figura 101.

Figura 101 – Interferência entre quadro parcial e pilar.



Fonte: O autor (2022).

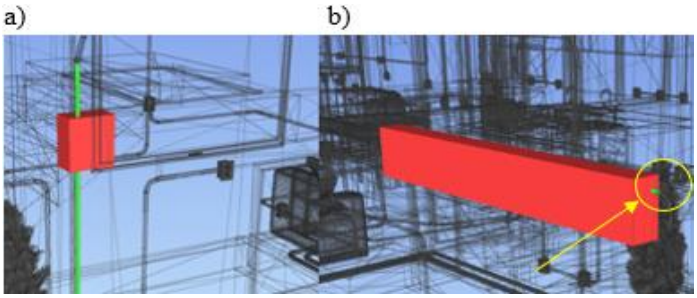
2. VIGA x ELETRODUTO

Dando sequência as interferências entre os projetos, foi verificado a existência de interferências entre vigas e eletrodutos como demonstrado na Figura 102. A Figura 102

(a) apresenta o eletroduto cruzando a viga na vertical, e a Figura 102 (b) apresenta o eletroduto cruzando a seção horizontal da viga como demonstrado no detalhe de amarelo.

A ABNT NBR 6118/2014 diz que para a existência de furos em estruturas de concreto armado é necessário a criação de armaduras especiais nesses locais, além daquelas necessárias para a estabilidade do elemento em função das solicitações atuantes. É válido destacar que nem sempre os elementos estruturais devem ser reavaliados devido a existência de furos e aberturas dispensando o reforço nas armaduras em algumas condições especificas, entretanto, o foco do estudo é voltado a compatibilização entre projetos, sendo viável fazer o desvio dos eletrodutos.

Figura 102 – Interferência entre viga e eletroduto. a) Viga e eletroduto (01); b) Viga e eletroduto (02).

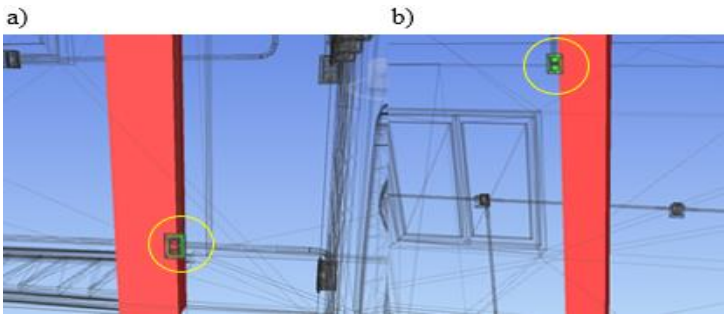



Fonte: O autor (2022).

3. PILAR x TOMADA/INTERRUPTOR

Foi verificado a existência de incompatibilidades entre o pilar e os itens de tomada como observado na Figura 103, ficando inviável o posicionamento dos elementos elétricos nos locais projetados, com isso, foi feito a modificação do posicionamento dos itens de tomada.

Figura 103 – Interferência entre pilar e tomada. a) Pilar e tomada (01); b) Pilar e tomada (02).



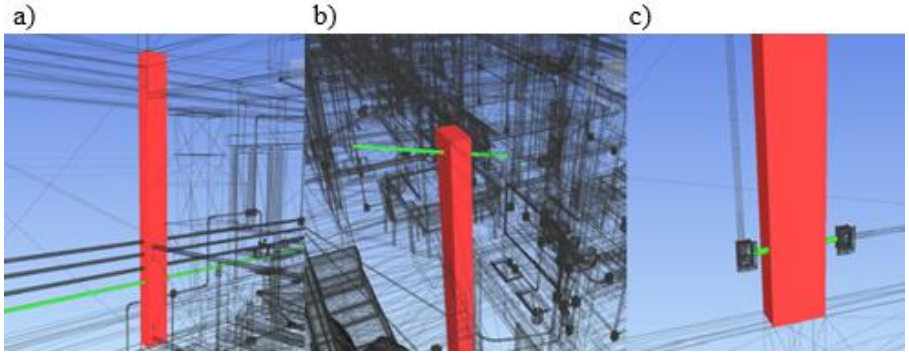

Fonte: O autor (2022).

4. PILAR x ELETRODUTO

A Figura 104 apresenta algumas das interferências entre pilar e eletroduto, dando destaque a Figura 104 (a), onde é possível verificar a interferência na cor verde, bem como os demais eletrodutos que passam em alturas acima do de verde na cor preta, prejudicando um grande perímetro do pilar com a passagem os eletrodutos.

A ABNT NBR 6118/2014 não prevê furos em pilares, logo, esse tipo de procedimento será evitado e os eletrodutos deverão compreender outro caminho.

Figura 104 – Interferência entre Pilar e Eletroduto. a) Pilar e eletroduto na parte inferior (01); b) Pilar e eletroduto na parte superior (02); c) Pilar e eletroduto na parte inferior (03).



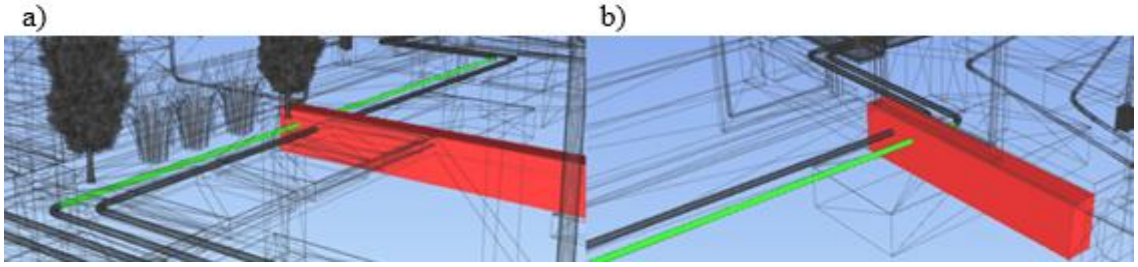

Fonte: O autor (2022).

## 5. VIGA BALDRAME x ELETRODUTO

Finalizando as interferências encontradas nesse tópico a Figura 105 apresenta duas das incompatibilidades com maior número de interferências entre os projetos analisados, ambas interferências demonstram os eletrodutos cortando a seção da viga baldrame.

A ABNT NBR 6118/2014 diz que no caso de vários furos em elementos de viga, estes devem ter o espaçamento de no mínimo 5cm ou o valor do diâmetro do furo, devendo manter pelo menos um estribo na região. Portanto, a partir desse critério os elementos de instalações elétricas serão realocados.

Figura 105 – Interferência entre viga baldrame e eletroduto. a) Viga baldrame e eletroduto (01); b) Viga baldrame e eletroduto (02).

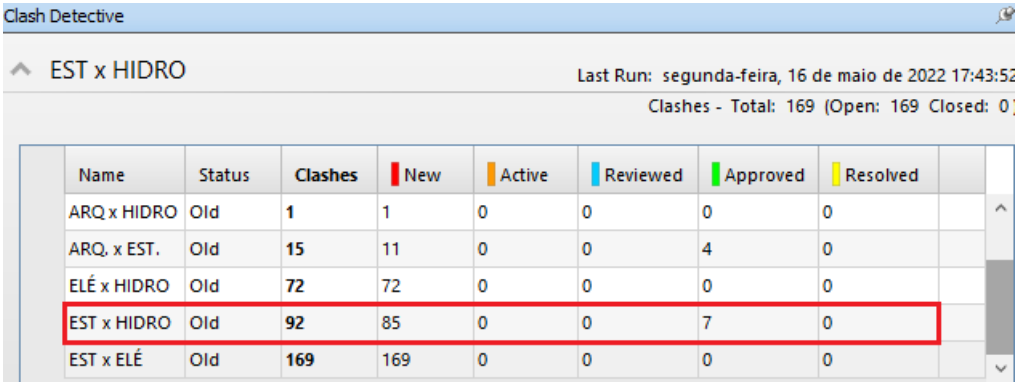



Fonte: O autor (2022).

### 4.2.1.3. PROJETO ESTRUTURAL x PROEJTO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

A interferência analisada neste tópico ocorreu entre o Projeto Estrutural x Projeto de Instalações Hidrossanitárias, com isso, foram retiradas informações de acordo com a Figura 106.

Figura 106 – Análise de interferências entre os projetos: estrutural e hidrossanitário.




| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 85 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

O gráfico presente na Figura 107 corresponde a divisão das interferências encontradas entre os projetos analisados listadas na Figura 106, sendo representada a quantidade de incompatibilidades e suas respectivas porcentagens.

Com todas as informações devidamente computadas, são inseridas Figuras para comprovar os tipos de interferências encontradas, a Figura 108 é a primeira a ser apresentada com os itens aprovados, em sequência são indicadas as interferências, com o primeiro caso entre elas a partir da Figura 109 com alguns problemas entre as vigas e tubos de esgoto. As incompatibilidades entre os projetos serão representadas até a Figura 122, que demonstra a interferência encontrada entre o pilar de fundação e o tubo de esgoto de 50mm.

1. APROVADOS

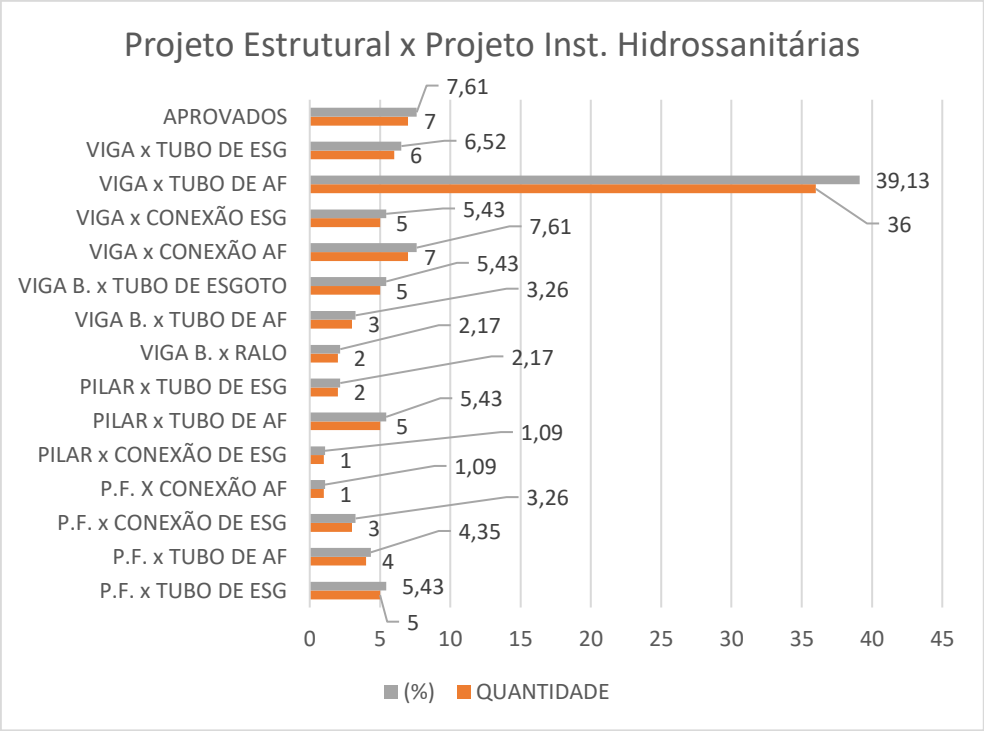
Os elementos foram analisados e comprovados que não interferiam na realização dos projetos em questão, portanto, foram aprovadas dando assim continuidade ao estudo sem mais problemas, os elementos estão apresentados na Figura 108.

2. VIGA x TUBO DE ESGOTO

Esse tipo de incompatibilidade que foi encontrada nos ambientes de áreas molhadas, como o B.W.C. – APT.01 que corresponde a Figura 109 (a) apresentando o

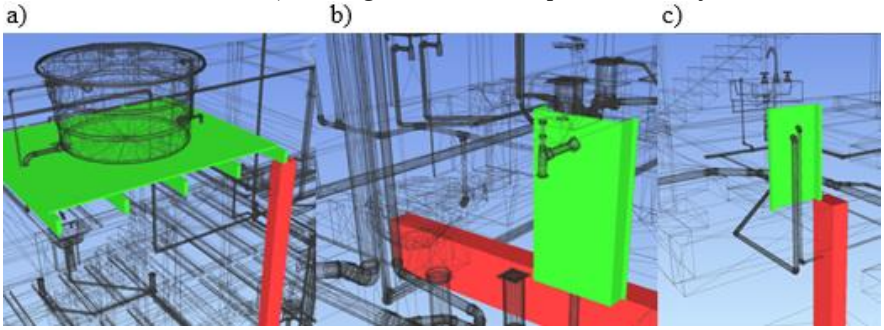
caso mais crítico dessa interferência, mantendo esse caminho encontrado seria executado um furo em um local inadequado.

Figura 107 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: estrutural e instalações hidrossanitárias.




Fonte: O autor (2022).

Figura 108- Interferências aprovadas. a) Suporte da caixa d'água e pilar; b) viga baldrame e carenagem hidráulica; c) carenagem hidráulica e pilar de fundação.



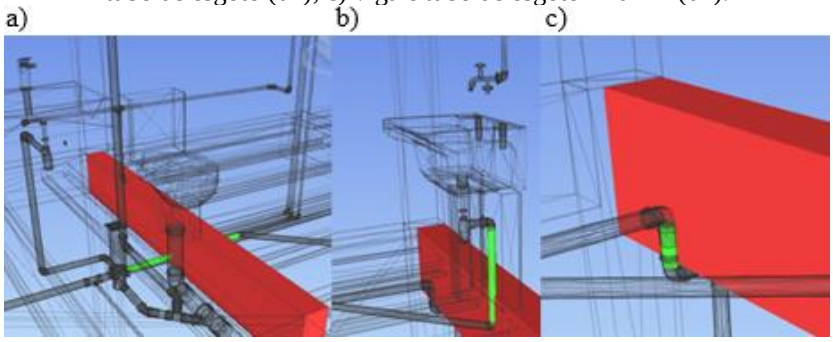

Fonte: O autor (2022).

Já as interferências encontradas na Área de Serviço – APT.02 foram representadas na Figura 102 (b) e Figura 102 (c), com furos na vertical que não atravessam a seção total das vigas apresentadas nas Figuras citadas.

A NBR 6118/2014 determina que a distância mínima do furo à face da viga deve ser de 5cm ou duas vezes o cobrimento da armadura calculada para essa situação,

portanto, a Figura 109 (a) não condiz com essa condição sendo necessário a alteração no projeto.

Figura 109 – Interferências entre viga e tubo de esgoto; a) viga e tubo de esgoto – 40mm (01); b) viga e tubo de esgoto (02); c) viga e tubo de esgoto - 40mm (02).



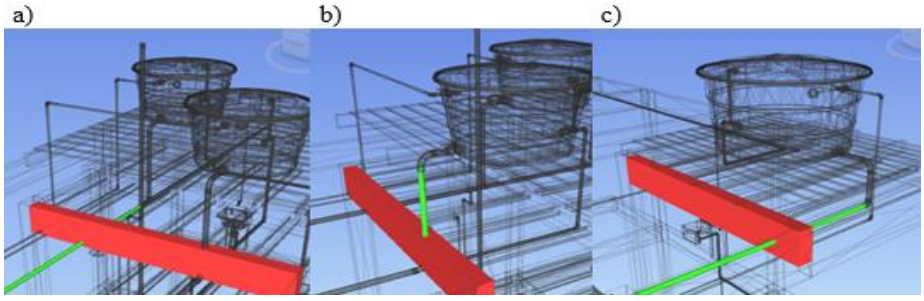

Fonte: O autor (2022).

3. VIGA x TUBO DE ÁGUA FRIA

As interferências nessa situação são representadas pela Figura 110, onde foi verificado que os tubos de água fria cortam as vigas tanto na horizontal como na Figura 110 (a) e Figura 110 (c), quanto na vertical na Figura 110 (b).

A ABNT NBR 6118/2014 estabelece algumas condições para furos que atravessam a viga na direção da altura, entre suas principais, estão presentes o furo de diâmetro menor que largura/3 e uma distância para o furo maior que 5cm e duas vezes o cobrimento, entretanto para seguir esses procedimentos deverão ser instalados armaduras para reforçar os locais dos furos gerando um maior custo em relação a modificar o caminho do tudo de água fria, com isso, a passagem do tubo de água será modificado.

Figura 110 – Interferências entre viga e tubo de água; a) viga e tubo de água fria - 50mm (01); b) viga e tubo de água – 50mm (02); c) viga e tubo de água fria – 50mm (03).



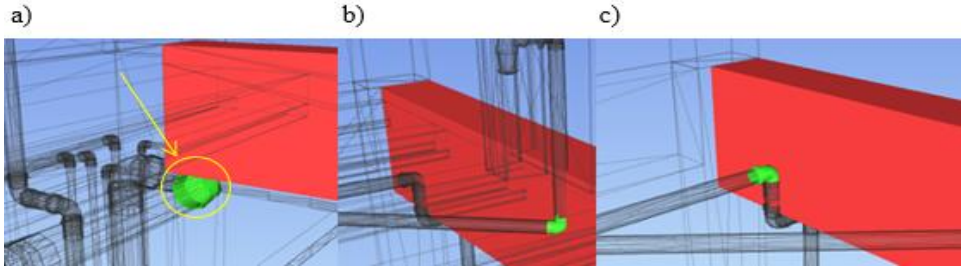

Fonte: O autor (2022).

4. VIGA x CONEXÃO DE ESGOTO

Continuando as análises de interferência entre os projetos foi verificado a interferência entre as conexões de esgoto e as vigas como demonstrado na Figura 111,

onde os elementos entram em conflito. É observado que os elementos hidráulicos não cruzam a seção completa dos elementos estruturais, logo serão modificados para os itens não ocuparem o mesmo espaço.

Figura 111 – Interferência entre viga e conexão de esgoto. a) Viga e conexão de esgoto (01); b) Viga e conexão de esgoto (02); c) Viga e conexão de esgoto (03).

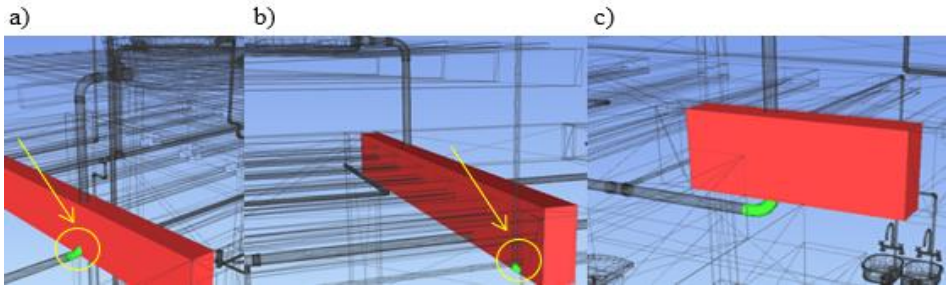



Fonte: O autor (2022).

5. VIGA x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA

Seguindo no estudo das interferências, a Figura 112 (a) e a Figura 112 (b) apresentam as conexões de água fria cortando as vigas que compõem o pavimento da coberta da cor vermelha, já a Figura 112 (c) apresenta a conexão cortando a viga que pertence a escada sendo assim, inviável a instalação dos elementos nessa posição.

Figura 112 – Interferência entre viga e conexão de esgoto. a) Viga e conexão de água fria (01); b) Viga e conexão de água fria (02); c) Viga e conexão de água fria (03).

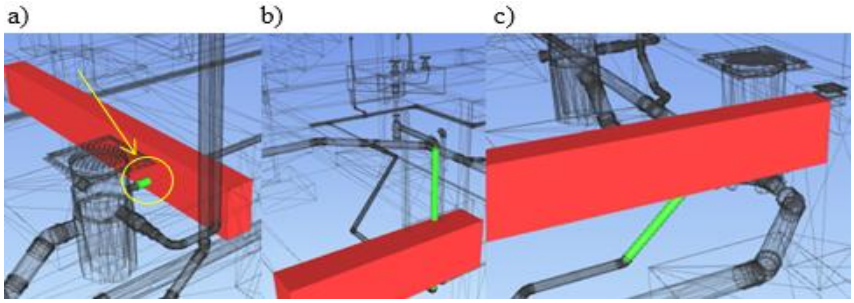



Fonte: O autor (2022).

6. VIGA BALDRAME x TUBO DE ESGOTO

A NBR 6118/2014 determina que a distância mínima do furo à face da viga deve ser de 5cm ou duas vezes o cobrimento da armadura calculada para essa situação, com isso a interferência da Figura 113 (a) que demonstra a incompatibilidade entre a viga e tubo de esgoto não condiz com essa situação. Na Figura 113 (b) o tudo de esgoto entra parcialmente na viga, sendo inviável sua instalação nesse local, por fim, a Figura 113 (c) o tubo de 50mm entra em 45º que corresponde a um furo que não é previsto na NBR 6118/2014. Diante dos dados citados, os tubos de esgoto serão realocados.

Figura 113 – Interferência entre viga baldrame e tubo de esgoto; a) Viga baldrame e tubo de esgoto - 75mm; b) Viga baldrame e tubo de esgoto - 50mm (01); c) Viga baldrame e tubo de esgoto - 50mm (02).

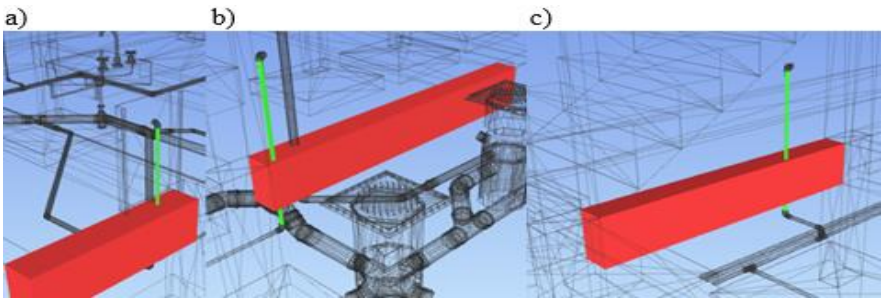



Fonte: O autor (2022).

## 7. VIGA BALDRAME x TUBO DE ÁGUA FRIA

Esse tipo de situação foi encontrado em 3 situações, que estão representadas a seguir. Através das Figuras 114 (a), 114 (b) e 114 (c) é possível verificar a existência das interferências em questão. A ABNT NBR 6118/2014 prevê furos nos elementos estruturais de viga, porém, dentro das condições presentes na norma. Os tubos observados na Figura 114 deveriam estar localizados de acordo com os critérios estabelecidos na norma, entretanto, foi apurado que não se encaixam em todos os critérios. É importante destacar que o estudo não é voltado aos furos em elementos estruturais e sim na compatibilização entre projetos, diante disso, o tempo de projeto com a mudança dos tubos para que se adaptem ao posicionamento das vigas é otimizado em relação ao tempo de dimensionar furos no elemento de acordo com a norma, sendo assim, a alternativa realizada nessa incompatibilidade foi a mudança dos tubos.

Figura 114 – Interferência entre viga baldrame e tudo de água fria. a) Viga baldrame e tubo de água fria - 25mm (01); b) Viga baldrame e tubo de água fria - 25mm (02); Viga baldrame e tubo de água fria - 25mm (03).



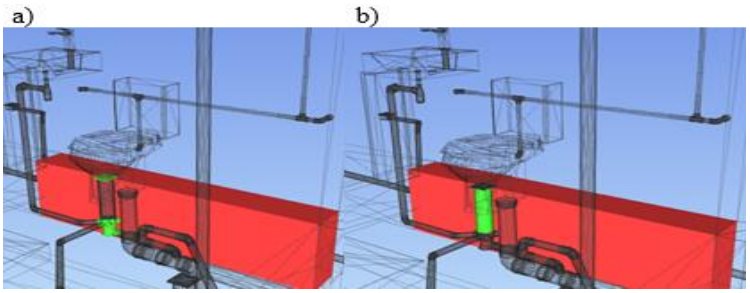

Fonte: O autor (2022).

## 8. VIGA BALDRAME x RALO

Os ralos foram projetados a partir do tamanho padrão das vigas baldrames, porém nessa situação específica foi necessário que a viga tenha uma seção maior que as tradicionais, porém não foi verificado na inserção do item, sendo encontrada essa

interferência apenas quando foi processado as interferências entre esses dois projetos como pode-se observar na Figura 115 (a) e Figura 115 (b).

Figura 115 – Interferência entre ralo e viga baldrame. a) Viga baldrame e ralo (01); b) Viga baldrame e ralo (02).



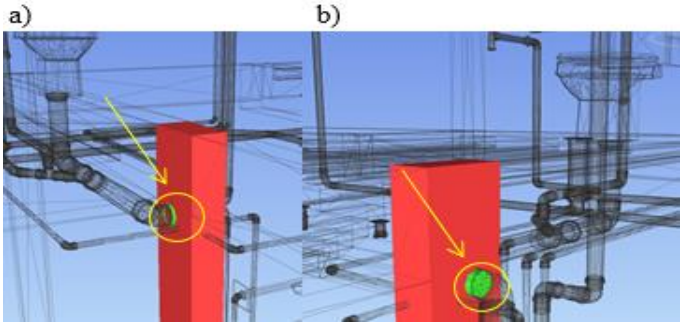

Fonte: O autor (2022).

9. PILAR x TUBO DE ESGOTO

Foi verificado próximo a parede do B.W.C. – Social que foi instalado um *shaft* a presença de um pilar que representou as incompatibilidades entre os dois elementos dos projetos analisados, a partir dessa informação foi possível verificar a interferência entre o pilar e o tubo de esgoto na Figura 116 (a) e Figura 166 (b).

A ABNT NBR 6118/2014 não prevê furos em pilares, portanto, esse tipo de procedimento será evitado e a tubulação de esgoto, será modelada em um novo local evitando desta forma, esse tipo de interferência.

Figura 116 – Interferência entre pilar e tubo de esgoto. a) pilar e tubo de esgoto – 100m (01); b) pilar e tubo de esgoto – 100mm (02).



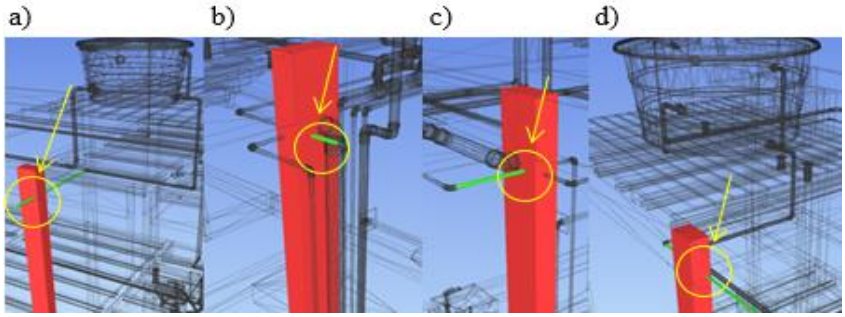

Fonte: O autor (2022).

10. PILAR x TUBO DE ÁGUA FRIA

As interferências encontradas entre esses itens representam em sua maior parte os tubos de água passando por dentro dos pilares como pode ser observado na Figura 117 (a), (b), (c) e (d). A ABNT NBR 6118/2014 não prevê nenhum tipo de furos em pilares,

pois são elementos que são projetados a priori para resistir a esforços de compressão e são solicitados em diversas direções, não constando em norma locais ideais para furos.

Figura 117 – Interferência entre pilar e tubo de água fria; a) Pilar e tubo de água fria - 25mm (01); b) Pilar e tubo de água fria - 25mm (02); c) Pilar e tubo de água fria - 25mm (03); d) Pilar e tudo de água fria 25mm (04).

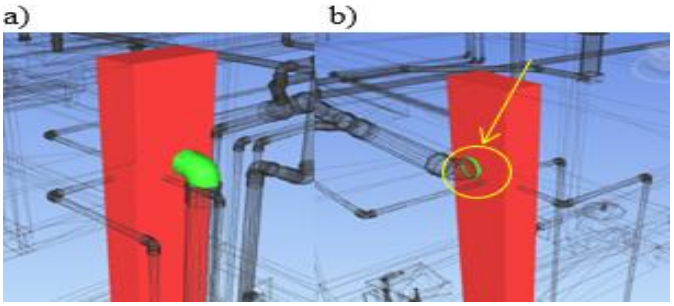



Fonte: O autor (2022).

## 11. PILAR x CONEXÃO DE ESGOTO

O tópico representa as conexões que pertencem aos tubos de esgoto no mesmo pilar analisado no tópico 9., representando o problema entre as disciplinas estrutural e hirdossanitária – esgoto, e necessita ser corrigido para que ocorra a compatibilidade entre os dois itens examinados. A ABNT NBR 6118/2014 não prevê furos em pilares, fazendo com que seja inviável o caminho modelado do item hidrossanitário, pois seria necessário existir um furo na seção do pilar que irá comprometer o seu desempenho estrutural.

Figura 118 – Interferência entre pilar e conexão de esgoto. a) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (01); b) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (02).



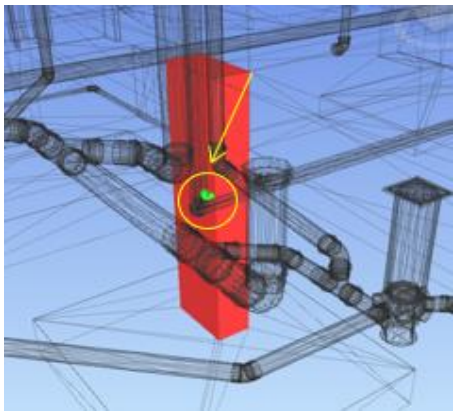

Fonte: O autor (2022).

## 12. PILAR DE FUNDAÇÃO x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA

A Figura 119 corresponde a interferência entre o pilar de fundação e a conexão de água fria que conecta o tubo que vem da ligação da rua com o que vai subir no *shaft* para alimentar a caixa d'água, presente no B.W.C. – Social, com esse dado o item hidráulico será realocado para melhor conexão entre os elementos.

Furos em pilares não são encontrados na ABNT NBR 6118/2014 logo, todo procedimento voltado a essa alternativa, será descartado visando que o projeto estrutural desempenhe os elementos calculados.

Figura 119 – Interferência entre pilar de fundação e conexão de água fria – 25mm.

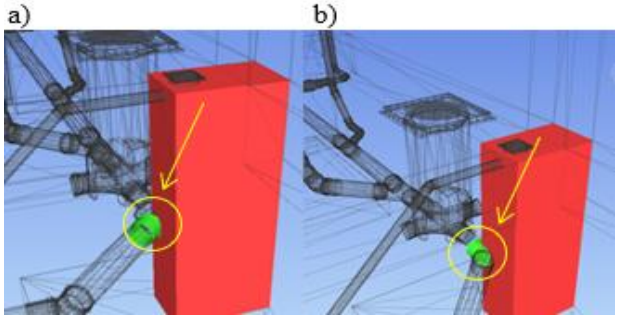


Fonte: O autor (2022).

## 13. PILAR DE FUNDAÇÃO x CONEXÃO DE ESGOTO

Com interferências entre os tubos de esgoto e vigas baldrames, mais um tipo de incompatibilidade encontrada entre os dois projetos aconteceu entre o pilar de fundação e a conexão de esgoto como apresentado na Figura 120 (a) e Figura 120 (b), que demonstra a mesma interferência em dois ângulos diferentes, onde é observado que a conexão entra dentro do pilar de fundação gerando a interferência entre os elementos.

Figura 120 – Interferência entre pilar de fundação e conexão de esgoto; a) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (01); b) Pilar e conexão de esgoto - 100mm (02).



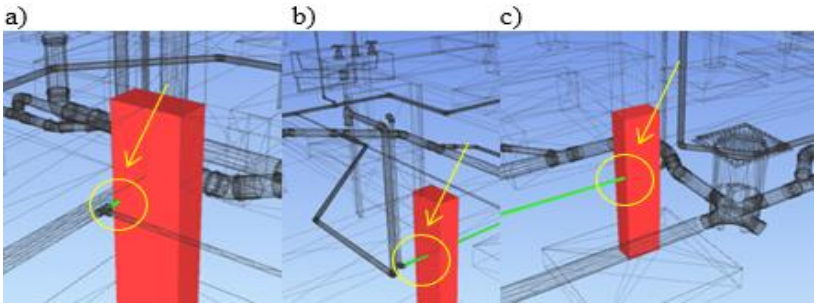

Fonte: O autor (2022).

## 14. PILAR DE FUNDAÇÃO x TUBO DE ÁGUA FRIA

Através da Figura 121 (a) visualiza-se uma quantidade boa de tubos, entretanto, apenas o tubo de verde que representa a incompatibilidade, em contrapartida na Figura 121 (b), o tubo percorre um caminho até que em um ponto encontra um pilar de fundação. Finalizando as incompatibilidades desse tópico é verificado na Figura 121 (c) o tubo

passando na linha inferior da parede e viga baldrame, porém em determinado momento é encontrado problemas no pilar de fundação dessa região. Como citado anteriormente, a ABNT NBR 6118/2014 não prevê furos em pilares, com isso os elementos hidrossanitários terão seus caminhos modificados.

Figura 121 – Pilar de fundação e tubo de água fria. a) Pilar de fundação e tubo de 25mm (01); b) Pilar de fundação e tubo de água fria - 25mm (02); c) Pilar de fundação e tubo de água fria - 25mm (03).

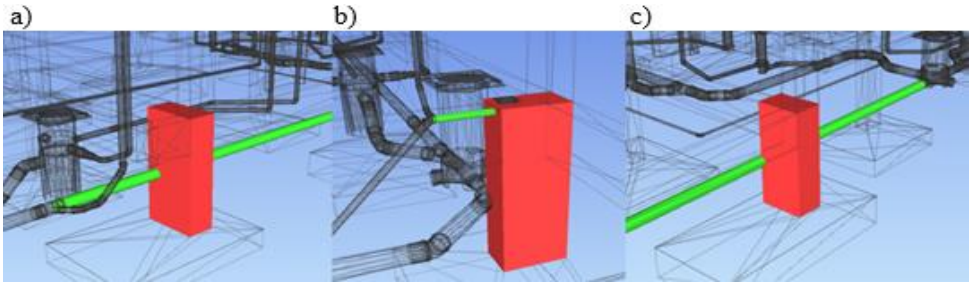



Fonte: O autor (2022).

## 15. PILAR DE FUNDAÇÃO x TUBO DE ESGOTO

Finalizando as interferências computadas entre os dois projetos em questão, é apresentada a incompatibilidade entre pilar de fundação e tubo de esgoto as Figuras 122 (a) e 122 (c) apresentam interferências entre os tubos de 100mm e os pilares de fundação, por outro lado a Figura 122 (b) apresenta a interferência entre pilar de fundação e tubo de 50mm, ambas interferências apresentam os elementos hidráulicos cortando a seção do elemento estrutural. Sem constar na norma de projetos estruturais a ABNT NBR 6118/2014 furos em elementos de pilares, os itens permanecerão no mesmo local, e os tubos serão realocados.

Figura 122 – Pilar de fundação e tubo de esgoto. a) Pilar de fundação e tubo de esgoto - 100mm (01); b) Pilar de fundação e tubo de esgoto - 50mm; c) Pilar de fundação e tubo de esgoto - 100mm (02).

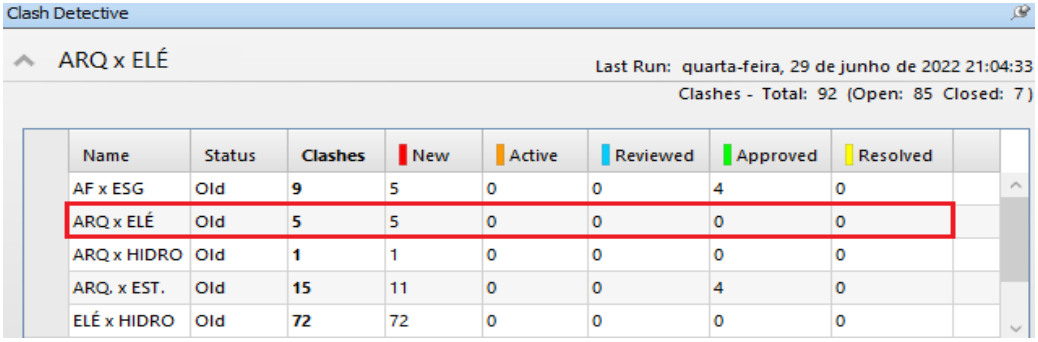



Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.1.4. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A interferência examinada nessa situação ocorreu entre o Projeto Arquitetônico x Projeto de Instalações Elétricas, logo as informações das interferências detectadas entre os dois projetos em questão estão destacadas na Figura 123.

Figura 123 – Análise de interferência dos projetos: arquitetônico e instalações elétricas.

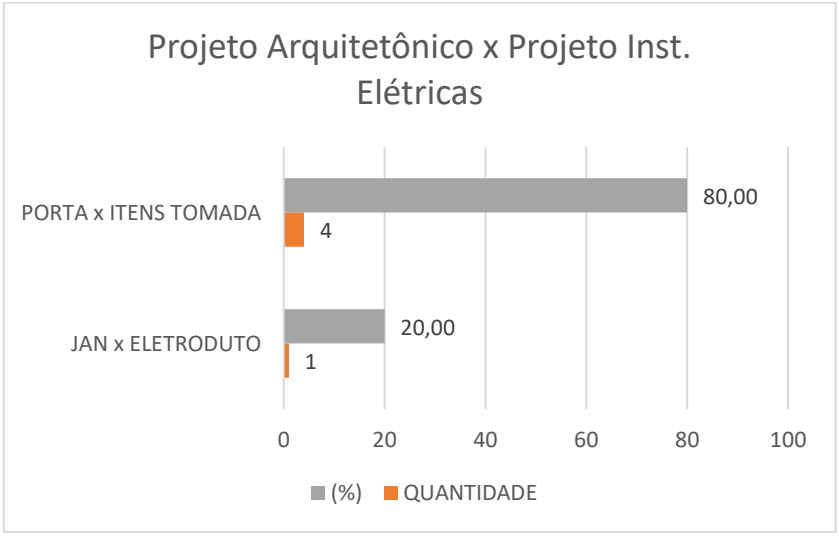



| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

A quantidade de interferências computadas na Figura 123 entre os elementos dos dois projetos é verificada através da filtragem representada no gráfico presente na Figura 124.

Figura 124 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: arquitetônico e instalações elétricas.



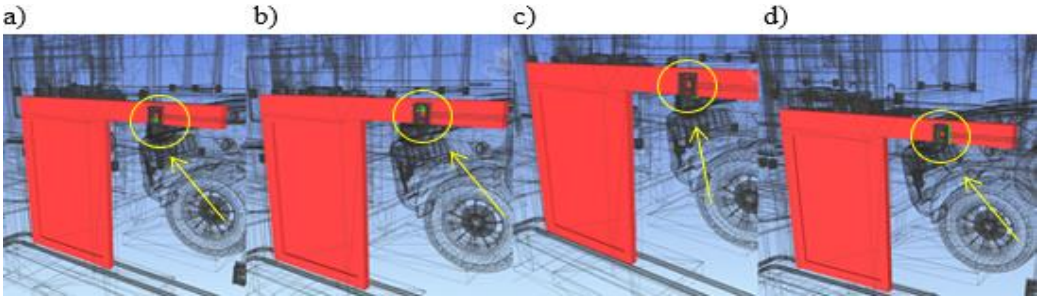

Fonte: O autor (2022).

Com as interferências encontradas e filtradas, serão comprovadas através das Figuras encontradas abaixo.

1. PORTA x ITENS DE TOMADA

A interferência representa 80% das incompatibilidades encontradas entre os dois projetos examinados, pois o eixo de abertura da porta fica sobreposto aos itens de tomada, logo alguns desses problemas encontrados estão presentes em destaque na Figura 125.

Figura 125 – Interferência entre porta de correr e itens de tomada. a) porta de correr e item de tomada (01); b) porta de correr e item de tomada (02); c) porta de correr e item de tomada (03); d) porta de correr e item de tomada (04).

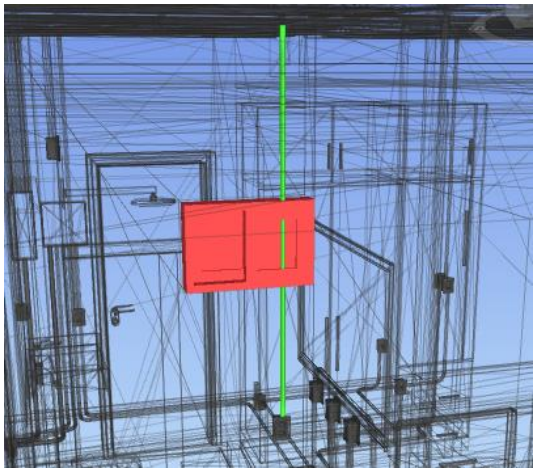



Fonte: O autor (2022).

2. JANELA x ELETRODUTO

Única incompatibilidade encontrada entre os dois elementos dos projetos examinados, no qual, o eletroduto passa dentro da seção da janela ocasionando o problema entre os itens analisados.

Figura 126 – Interferência entre janela e eletroduto.

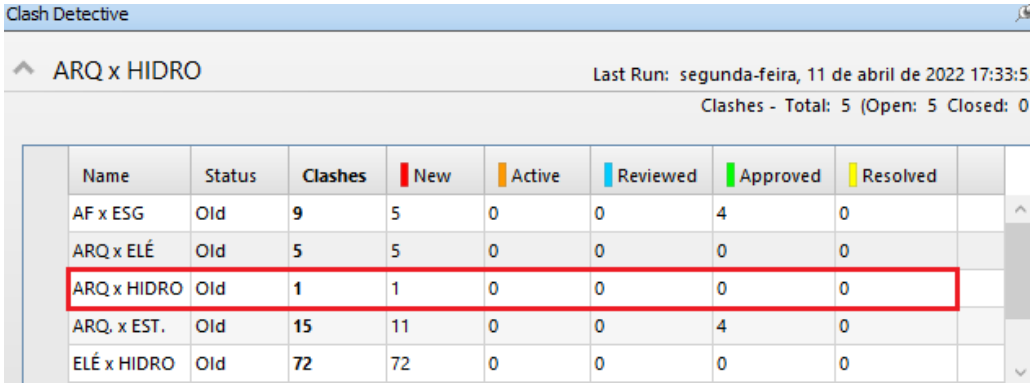


Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.1.5. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

A interferência analisada neste tópico, ocorreu entre o Projeto Arquitetônico x Projeto de Instalações Hidrossanitárias, com isso, foram obtidos os seguintes dados de acordo com Figura 127.

Figura 127 – Análise de interferência dos projetos: arquitetônico e instalações hidrossanitárias.

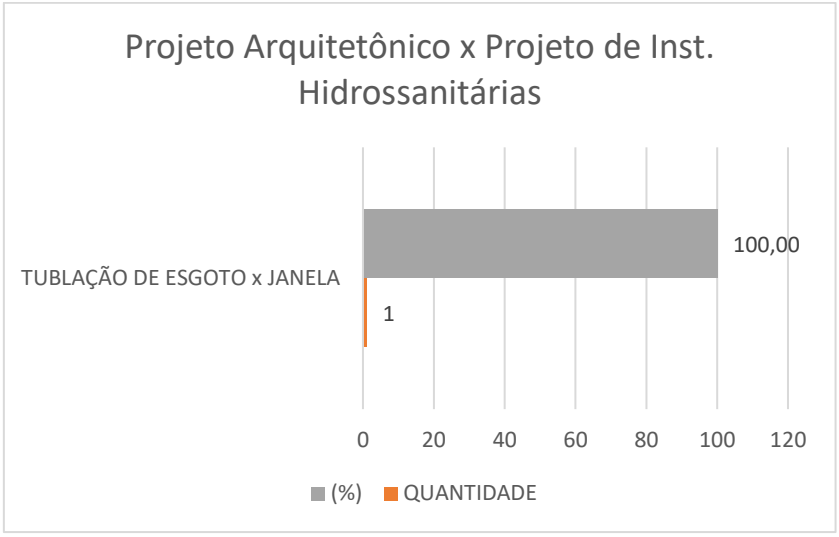



| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

O gráfico presente na Figura 128 corresponde ao total de interferências encontradas na Figura 127, como nesse tópico foi examinada apenas uma interferência.

Figura 128 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: arquitetônico e instalações hidrossanitárias.



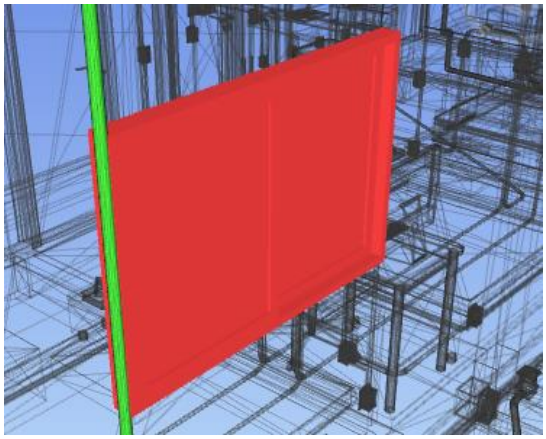

Fonte: O autor (2022).

Os dados presentes no gráfico da Figura 139, podem ser comprovados através da Figura 129 abaixo.

1. TUBULAÇÃO DE ESGOTO x JANELA

A interferência encontrada foi verificada devido a percurso da tubulação oriunda do pavimento superior colidir com o local destinado para a janela, fazendo com que os elementos ocupem o mesmo espaço gerando a incompatibilidade.

Figura 129 – Interferência entre tubo de esgoto - 50mm e janela de correr.



Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.1.6. PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Entre o Projeto Arquitetônico x Projeto de Instalações Hidrossanitárias foram encontradas precisamente 72 interferências, como pode ser constatado a partir da leitura da Figura 130.

Figura 130 – Análise de interferência dos projetos: instalações elétricas x instalações hidrossanitárias.

Clash Detective

ELÉ x HIDRO

Last Run: quarta-feira, 29 de junho de 2022 20:54:30

Clashes - Total: 1 (Open: 1 Closed: 0)

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 85 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

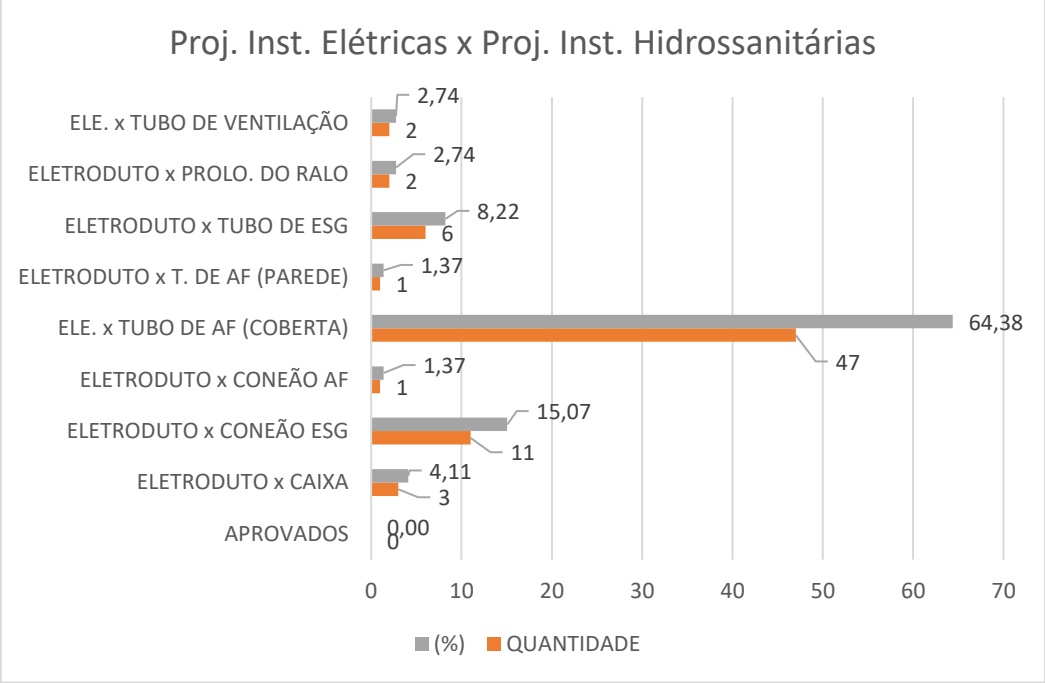
A partir dos dados examinados na Figura 130, foi construído o gráfico presente na Figura 131, com a relação de cada interferência encontrada entre os projetos citados.

Os dados presentes no gráfico da Figura 131, são confirmados entre a partir da Figura 132 e vão até a Figura 139, com todos os itens analisados em cada Figura dentro desse intervalo citado.

1. ELETRODUTO x TUBO DE VENTILAÇÃO

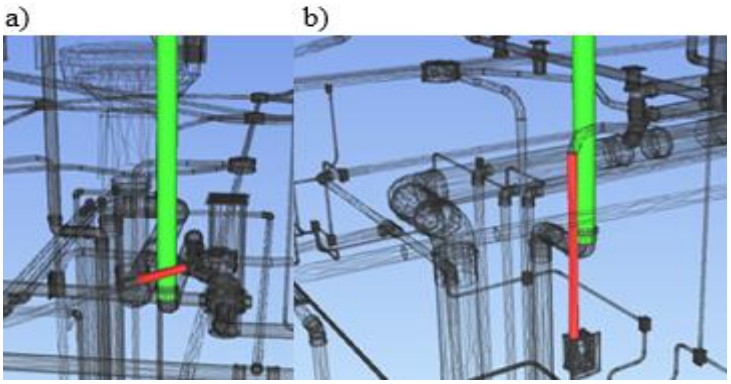
A interferência entre os elementos surgiu entre os eletrodutos com os tubos de ventilação como presente na Figura 132 (a) onde os dois elementos compreendem o mesmo o espaço, enquanto a Figura 132 (b) representa a incompatibilidade do eletroduto que oriundo tomada do chuveiro com o tubo de ventilação no *shaft*.

Figura 131 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: instalações elétricas e instalações hidrossanitárias.




Fonte: O autor (2022).

Figura 132 – Interferência entre eletroduto e tubo de ventilação. a) eletroduto e tubo de ventilação (01); b) eletroduto e tubo de ventilação (02).



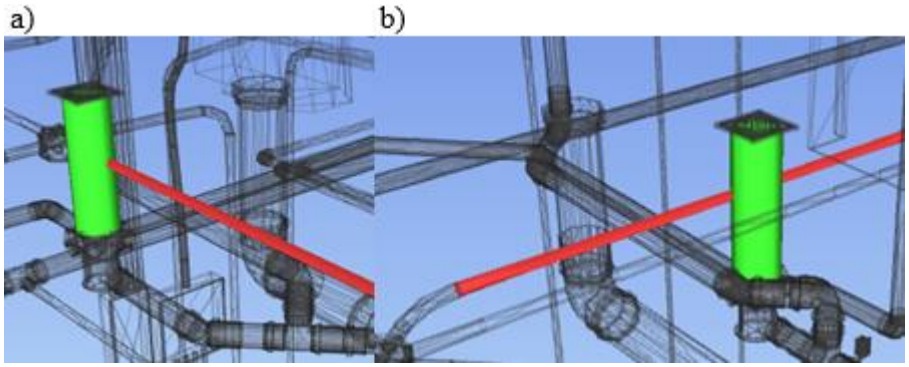

Fonte: O autor (2022).

2. ELETRODUTO x PROLONGADOR RALO

Essa situação foi compreendida devido aos prolongadores dos ralos do pavimento superior chegaram ao nível dos eletrodutos do pavimento térreo, tais incompatibilidades citadas foram verificadas através da análise de interferência que muito provavelmente

seriam encontradas na etapa de execução, comprovando a eficiência desse método para o decorrer da obra em seus maiores detalhes.

Figura 133 - Interferência entre eletroduto e prolongador de ralo. a) prolongador de ralo e eletroduto (01); b) prolongador de ralo e eletroduto (02).

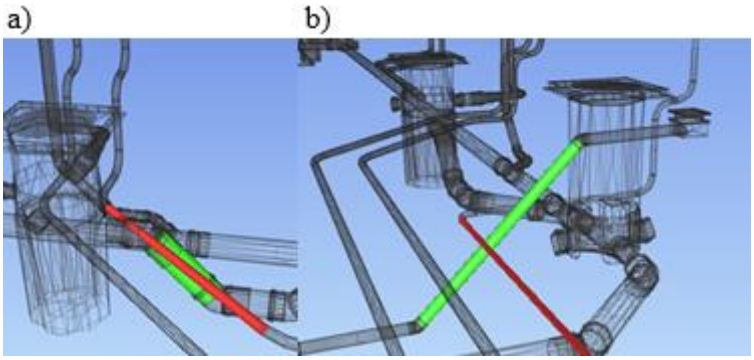



Fonte: O autor (2022).

3. ELETRODUTO x TUBO DE ESGOTO

Os eletrodutos de alimentação dos ambientes do pavimento superior entraram em conflito com os tubos de esgoto como representado na Figura 134, pois durante seu percurso passaram no mesmo caminho dos tubos de esgoto que foram projetados, fazendo com que a interferência seja encontrada e posteriormente será devidamente modificada.

Figura 134 - Interferência entre eletroduto e tubo de esgoto. a) eletroduto e tubo de esgoto – 100mm (01); b) eletroduto e tubo de esgoto – 50mm (02).

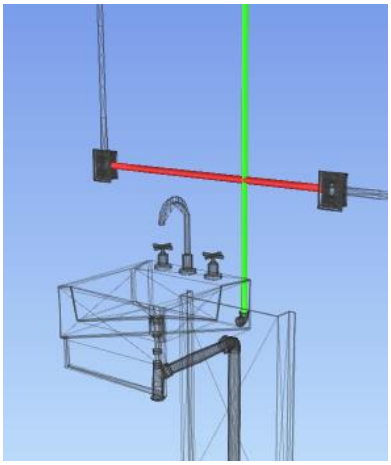



Fonte: O autor (2022).

4. ELETRODUTO x TUBO DE ÁGUA FRIA (PAREDE)

A incompatibilidade nessa situação foi encontrada entre o tubo de água que alimenta a pia da cozinha do apartamento 01, com os eletrodutos que ligam as tomadas da bancada. A partir da Figura 135, a interferência é facilmente verificada entre os dois elementos.

Figura 135 - Interferência entre eletroduto e tubo de água fria (parede).

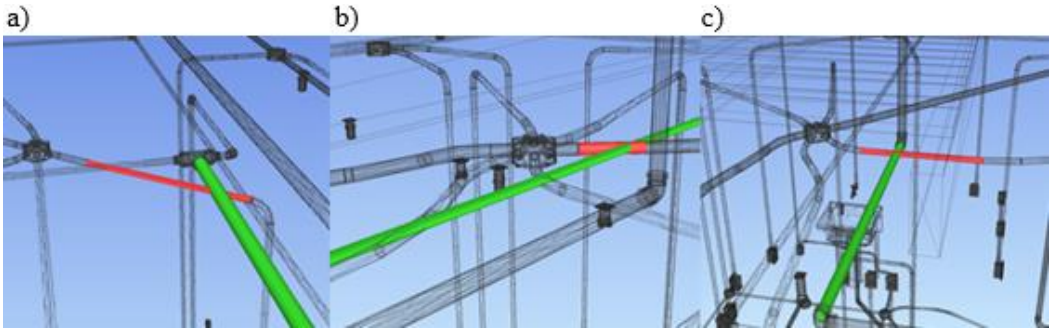


Fonte: O autor (2022).

5. ELETRODUTO x TUBO DE ÁGUA FRIA (COBERTA)

Os itens nessa incompatibilidade encontrada estão compartilhando o mesmo nível dentro da junção dos projetos gerando assim, as interferências listadas e representadas na Figura 136, onde é possível verificar a existência dos eletrodutos e tubos de água se cruzando em todas as Figuras dessa situação.

Figura 136 - Interferência entre eletroduto e tubo de água fria (coberta). a) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (01); b) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (02); c) tubo de água fria – 50mm (03).




Fonte: O autor (2022).

6. ELETRODUTO x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA

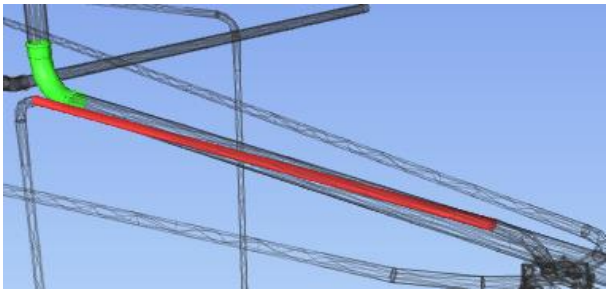
Em consequência das interferências encontradas no tópico anterior, as conexões de água fria herdam a altura da tubulação de água e se juntam aos eletrodutos em algumas situações como demonstrado na Figura 137, onde são contabilizadas as incompatibilidades.

7. ELETRODUTO x CONEXÃO DE ESGOTO

Em algumas situações como as que estão representadas pela Figura 138 foi verificada a existência da interferência entre os eletrodutos e as conexões de esgoto em

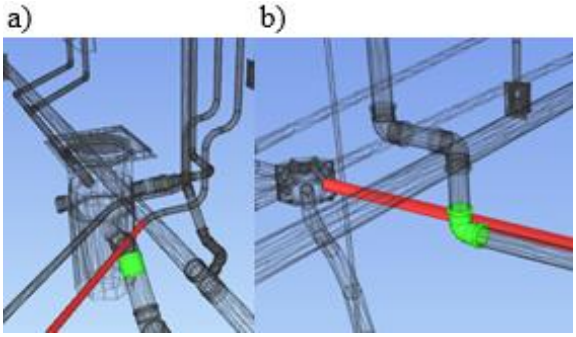
diferentes níveis e situações como na Figura 138 (a) no pavimento térreo, e a Figura 138 (b) sendo simbolizada entre os itens que pertencem ao pavimento superior.

Figura 137 - Interferência entre eletroduto e conexão de água fria.



Fonte: O autor (2022).

Figura 138 - Interferência entre eletroduto e conexão de esgoto. a) eletroduto e conexão de esgoto – 100mm (01); b) eletroduto e conexão de esgoto – 40mm.

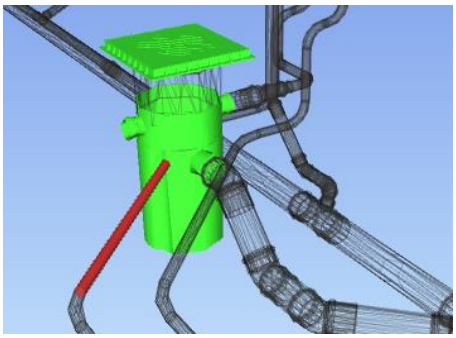



Fonte: O autor (2022).

## 8. ELETRODUTO x CAIXA

Os eletrodutos que irão alimentar os apartamentos localizados no pavimento superior, entraram em conflito com a caixa de gordura como representado na Figura 139, situada a seguir.

Figura 139 - Interferência entre eletroduto e caixa de gordura

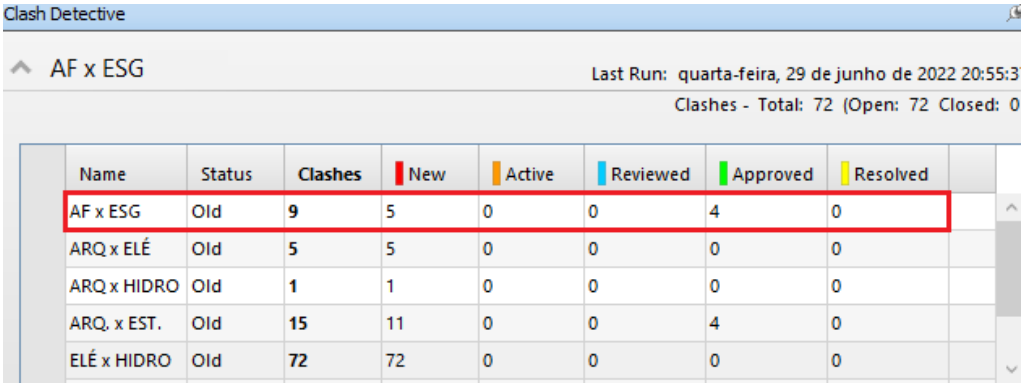


Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.1.7. PROJETO DE INSTALAÇÕES ÁGUA FRIA X PROJETO DE INSTALAÇÕES DE ESGOTO

Finalizando as interferências entre os projetos da edificação, é feito a análise da interferência entre o Projeto de Instalações de Água Fria x Projeto de Instalações de Esgoto, informações comprovadas com a leitura da Figura 140.

Figura 140 - Análise de interferência dos projetos: instalações de água fria x instalações de esgoto.

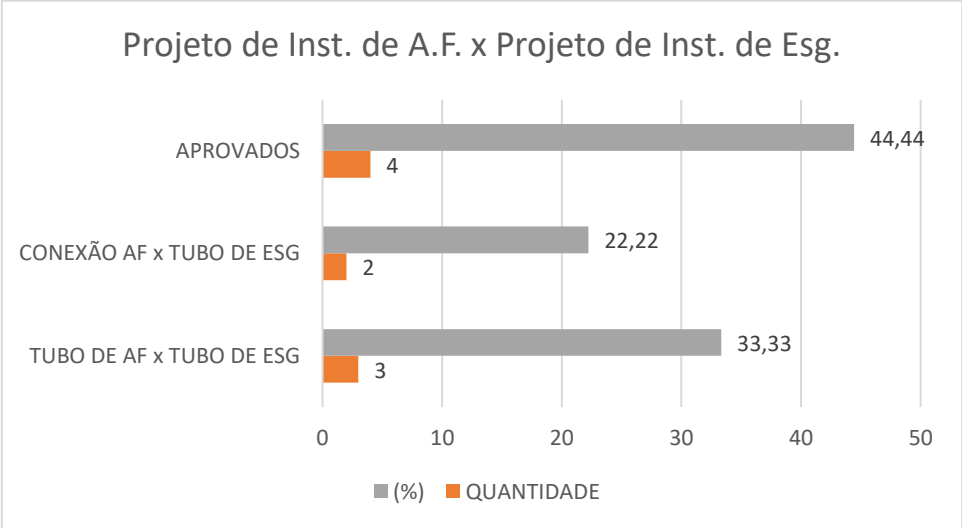



| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

A Figura 141 apresenta graficamente os resultados observados na Figura 140, separando cada interferência encontrada entre os itens pertencentes aos dois projetos que estão sendo analisados, descrevendo cada problema encontrado entre as duas disciplinas modeladas.

Figura 141 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos: instalações de água fria e instalações de esgoto.



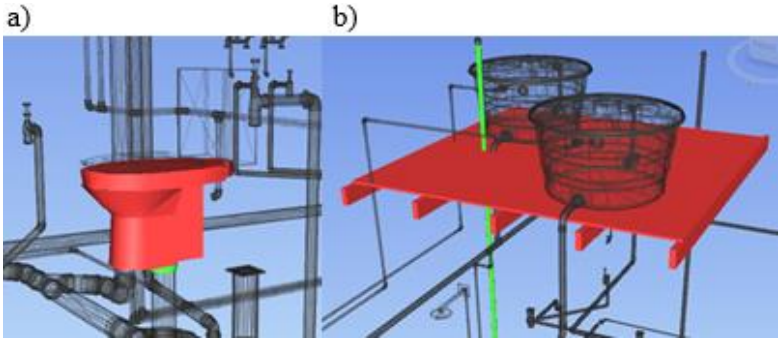

Fonte: O autor (2022).

Com a leitura do gráfico presente na Figura 141, os itens citados são confirmados através das Figuras abaixo, filtradas por cada item analisado.

1. APROVADOS

Alguns dos itens aprovados entre os dois projetos estão representados na Figura 142, onde a Figura 142 (a) apresenta uma interferência aprovada entre a conexão do vaso e o vaso sanitário, e a Figura 142 (b) o tubo de ventilação que será instalado passando no suporte da caixa. Tais incompatibilidades não irão trazer prejuízos na execução entre os itens dos projetos analisados.

Figura 142 – Interferências aprovadas entre os projetos de instalações de água fria e instalações de esgoto. a) conexão do vaso sanitário e vaso sanitário; b) tubo de ventilação e suporte da caixa d'água.

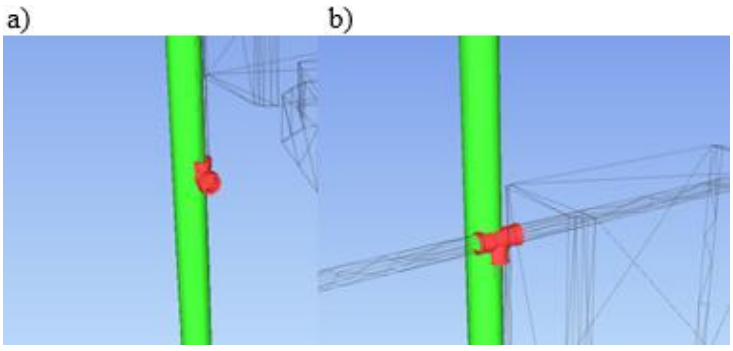



Fonte: O autor (2022).

2. CONEXÃO DE ÁGUA FRIA x TUBO DE ESGOTO

A interferência entre os dois itens está visível na Figura 143, onde é apresentado a incompatibilidade da conexão de água fria e o tubo de esgoto na instalação dentro da alvenaria, tais interferências foram verificadas e serão alteradas no tópico destinado a essa finalidade.

Figura 143 – Interferência entre conexão de água fria e esgoto. a) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm (01); b) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm.

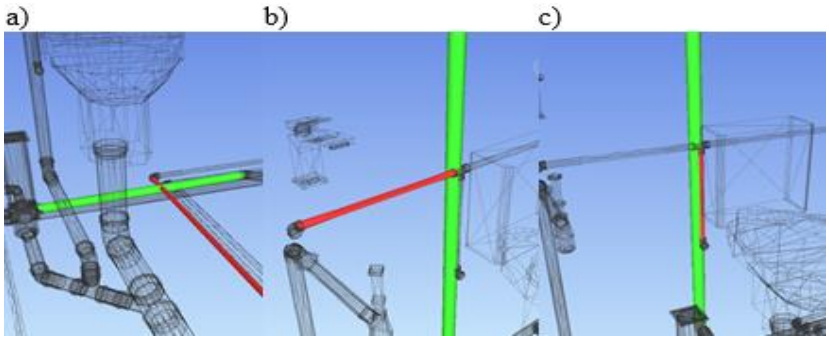



Fonte: O autor (2022).

3. TUBO DE ÁGUA FRIA x TUBO DE ESGOTO

Além das incompatibilidades entre a conexão de água e tubo de esgoto, foram identificadas as interferências entre os tubos de água fria e os tubos de esgoto que podem ser encontradas na Figura 144.

Figura 144 – Interferência entre tubo de água fria e tubo de esgoto. a) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm (01); b) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm (02); c) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto -40mm (03).




Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.1.8. ANÁLISE GERAL DE INTERFÊNCIAS

Nos tópicos anteriores, do 4.2.3.1 ao 4.2.3.7, foram feitas analises individuais entre todos os projetos envolvidos na edificação. Neste tópico é feita a analise geral de todos os dados apresentados acima, ou seja, a junção das interferências encontradas, com isso, é possível ter uma perspectiva geral dos problemas que poderiam ter acontecido durante o decorrer da obra.

Problemas durante a execução da edificação podem causar danos na entrega do serviço, como também, na estrutura da obra, através de problemas estruturais devido a furos inadequados, surgimento de patologias devido a erros no processo construtivo, causando assim retrabalhos, bem como, prejuízos para os proprietários da obra.

Portanto, a Figura 145 representa o resumo de todas as interferências encontradas acima, sendo que, a Tabela 1, apresenta os dados gerais encontrados entres todos os projetos da edificação. Por fim, o gráfico presente na Figura 146, demonstra os valores gerais em porcentagem, reforçando a quantidade totais de erros ultrapassando a casa de 90% dos valores gerais analisados.

Tabela 1 – Dados gerais de interferências encontradas.

| COMPATIBILIZAÇÃO | | |
|---|---|---|
| **APROVADAS** | **MODIFICADAS** | **TOTAIS** |
| 15 | 348 | 363 |

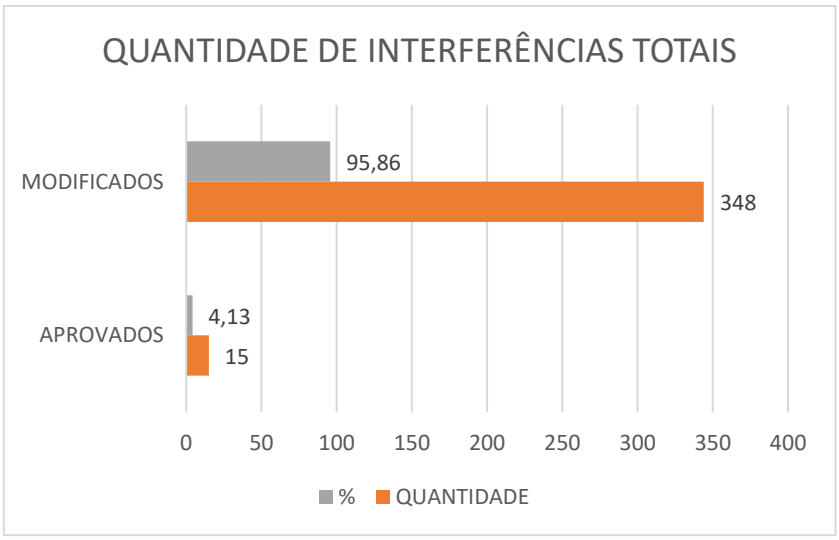
Fonte: O autor (2022).

Figura 145 – Resumo total das interferências encontradas (*new*) e aprovadas (*approved*) entre os projetos.

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | **9** | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ARQ x ELÉ | Old | **5** | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ x HIDRO | Old | **1** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ. x EST. | Old | **15** | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ELÉ x HIDRO | Old | **72** | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EST x HIDRO | Old | **92** | 85 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| EST x ELÉ | Old | **169** | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 146 – Quantidade total de interferências.

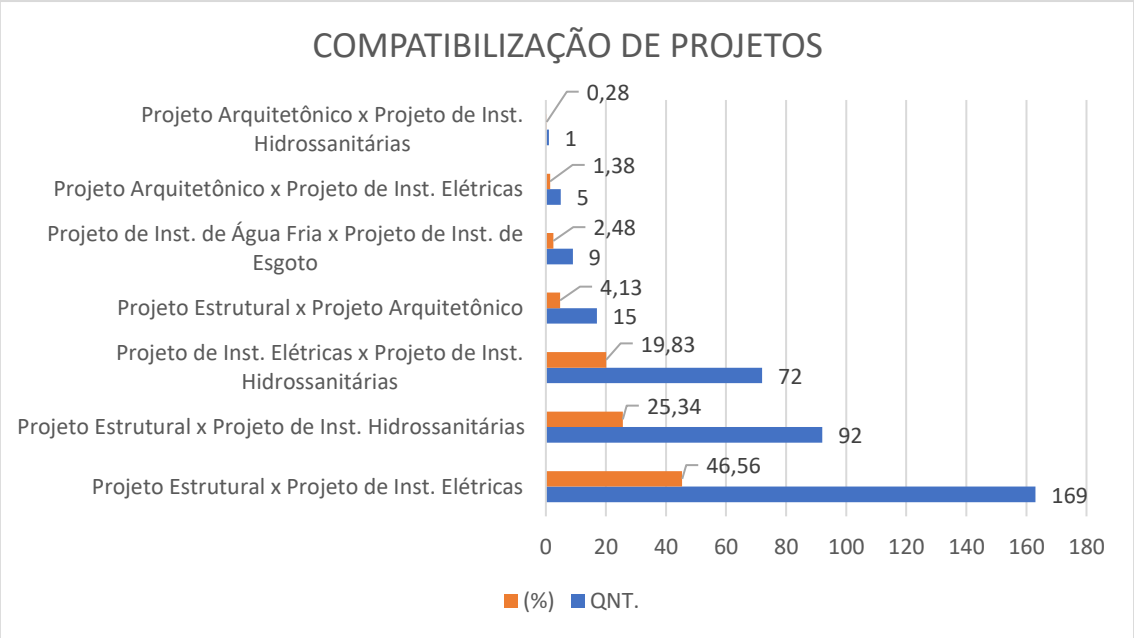



Fonte: O autor (2022).

Finalizando a análise de interferência pode ser observado no Gráfico presente na Figura 147, que demonstra todos os valores das interferências encontradas e o que cada uma delas representa em números percentuais. Através dos dados, foi possível observar que a maior quantidade de erros encontradas entre projetos foi na interferência entre o projeto estrutural e o projeto de instalações elétricas, com um total de 169 interferências, que corresponde a 46,56% dos erros encontrados entre projetos.

Por outro lado, a interferência encontrada entre o Projeto Arquitetônico e o Projeto de Instalações Hidráulicas, foi encontrado apenas 1 interferência que nada mais é que 0,28% das interferências entre os demais projetos.

Figura 147 - Dados com a porcentagem (%) e a quantidade total de interferências entre os projetos da edificação.




Fonte: O autor (2022).

### 4.2.2. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Com todas as incompatibilizações encontradas, analisadas e separadas entre cada projeto elaborado, foi possível dar início a compatibilização dos resultados encontrados, com alternativas que otimizem a modelagem e a construção, para por fim, acontecer a otimização de custo e de tempo da obra em estudo.

Entre tópico 4.2.2.1 e 4.2.2.7 as compatibilizações serão comprovadas entre as interferências encontradas e os projetos acima. Por fim, no tópico 4.2.2.8 será feito uma análise geral de todos os dados encontrados na edificação em perspectiva de compatibilização demonstrando a eficiência na utilização do sistema BIM, resolvendo todas as interferências encontradas.

#### 4.2.2.1. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO ARQUITETÔNICO

Com os parâmetros estabelecidos a compatibilização entre o Projeto Estrutural e o Projeto Arquitetônico foi realizada com sucesso, como demonstrado na Figura 148.

As alternativas para compatibilização utilizadas entre os projetos citados, estão descritas de item a item por cada tipo de interferência encontrada, ou seja, serão listados

os tipos de interferências encontradas anteriormente com sua respectiva compatibilização, portanto as compatibilizações serão demonstradas a seguir.

Figura 148 – Compatibilização entre projetos: estrutural e arquitetônico.

Clash Detective

ARQ. x EST.

Last Run: segunda-feira, 16 de maio de 2022 17:43:52

Clashes - Total: 169 (Open: 0 Closed: 169)

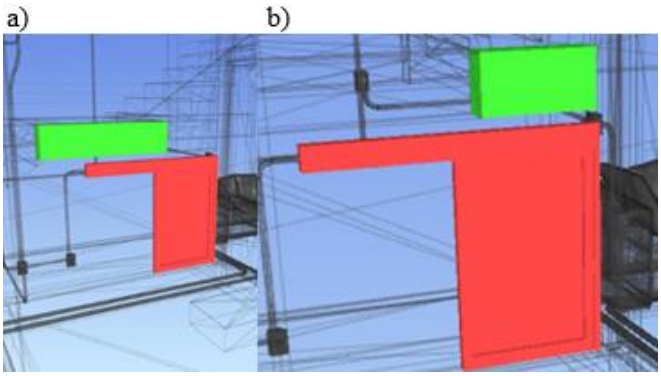
| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |

Fonte: O autor (2022).

1. PORTA x VIGA

Para solucionar a situação foi necessário diminuir a altura da porta de correr para que os itens trabalhem com harmonia, entretanto a viga permaneceu com a sua mesma estrutura e posicionamento como comprovado na Figura 149 apresentada abaixo.

Figura 149 – Compatibilização entre porta e viga. a) Porta de correr e viga (01); b) Porta de correr e viga (02).




Fonte: O autor (2022).

2. PORTA x PILAR

Nesse caso as portas foram adaptadas para que seu posicionamento não interferisse no pilar, como comprovado na Figura 150.

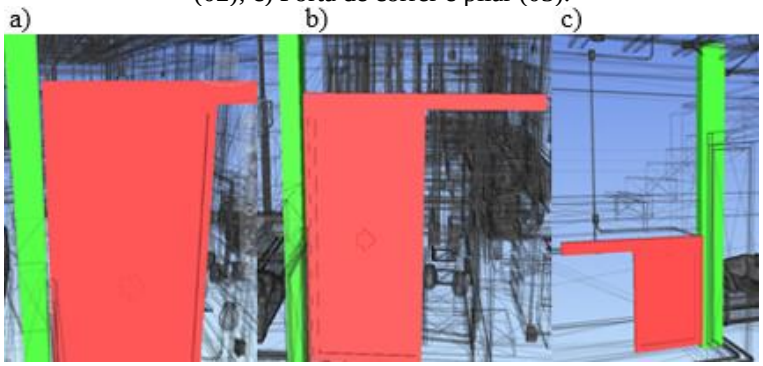
3. PORTA x ESCADA

Foi necessário modificar a abertura da porta, para que não ocorra a interferência entre os elementos de porta e escada.

4. JANELA x PILAR

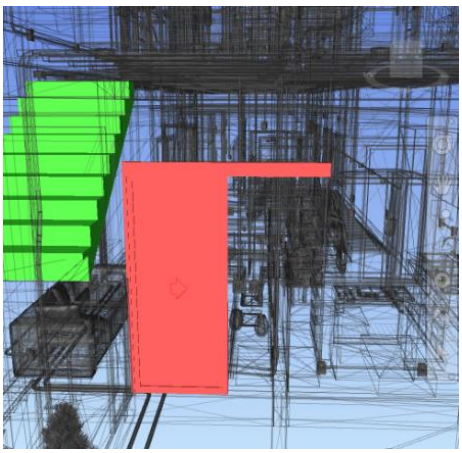
Essa interferência foi registrada em mais de uma situação, como pode ser destacado na Figura 152. Logo, para que ocorra a compatibilização foi necessário que o posicionamento de algumas janelas fosse modificado, bem como, foi preciso diminuir a largura em alguns casos, por fim em um caso especifico foi preciso a exclusão da janela, como na Figura 152 (b).

Figura 150 – Compatibilização entre porta e pilar. a) Porta de correr e pilar (01); b) Porta de correr e pilar (02); c) Porta de correr e pilar (03).



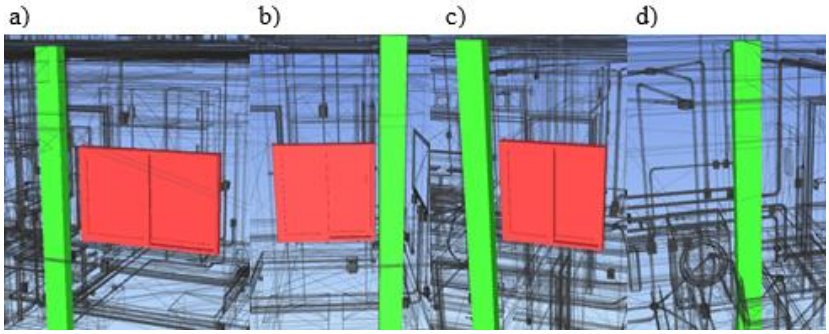

Fonte: O autor (2022).

Figura 151 – Compatibilização entre escada e porta.



Fonte: O autor (2022).

Figura 152 – Compatibilização entre pilares e janelas. a) Pilar e janela de abrir; b) Pilar e janela de abrir; c) Pilar e janela de abrir; d) Pilar com exclusão da janela.




Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.2.2. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A Figura 153, apresenta os números da compatibilização entre o projeto estrutural e o projeto de instalações elétricas, comprovando que os problemas encontrados foram solucionados com sucesso.

Figura 153 – Compatibilização entre projetos: estrutural e elétrico.

Clash Detective

EST x ELÉ

Last Run: segunda-feira, 16 de maio de 2022 17:31:35

Clashes - Total: 15 (Open: 0 Closed: 15)

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 0 | 0 | 0 | 7 | 85 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 |

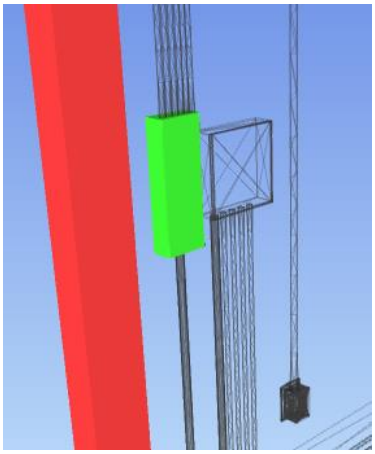
Fonte: O autor (2022).

Como citado anteriormente, os problemas encontrados foram divididos por tipo de interferência, com a compatibilização não foi diferente, portanto, todas as interferências foram divididas por tipo de interferência compatibilizada, disponibilizadas a seguir.

1. QUADRO PARCIAL x PILAR

A solução dessa interferência se deu pela mudança do posicionamento do quadro parcial, fazendo com que fique livre da seção do pilar como representado na Figura 154.

Figura 154 – Compatibilização da interferência entre pilar e quadro parcial.

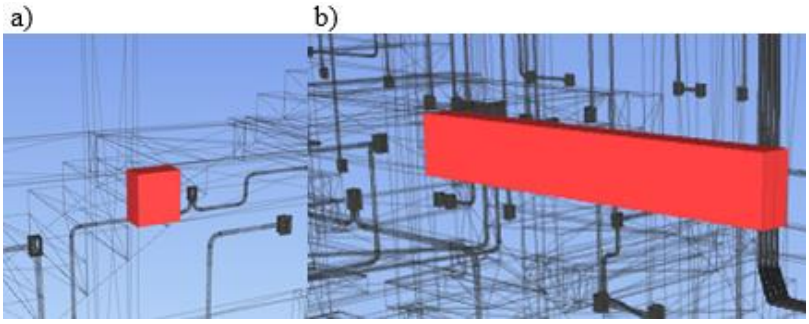


Fonte: O autor (2022).

2. VIGA x ELETRODUTO

Nessa situação, foi preciso criar um novo caminho para os eletrodutos modelados anteriormente, visando não interferir na seção das vigas apresentadas na Figura 155.

Figura 155 – Compatibilização entre viga e eletroduto. a) Viga e exclusão do eletroduto (01). b) Viga e exclusão do eletroduto (02).

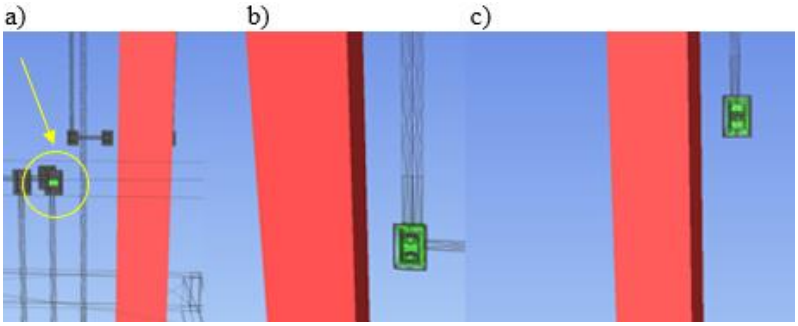



Fonte: O autor (2022).

3. TOMADA/INTERRUPTOR x PILAR

Para a compatibilização, foi preciso modificar o posicionamento das tomadas em relação aos pilares, fazendo com que esses elementos fiquem livres, de acordo com a Figura 156.

Figura 156 – Compatibilização entre pilar e tomada/interruptor. a) Interruptor e pilar (01). b) Tomada e pilar (01); c) Tomada e pilar (02).




Fonte: O autor (2022).

4. VIGA BALDRAME x ELETRODUTO

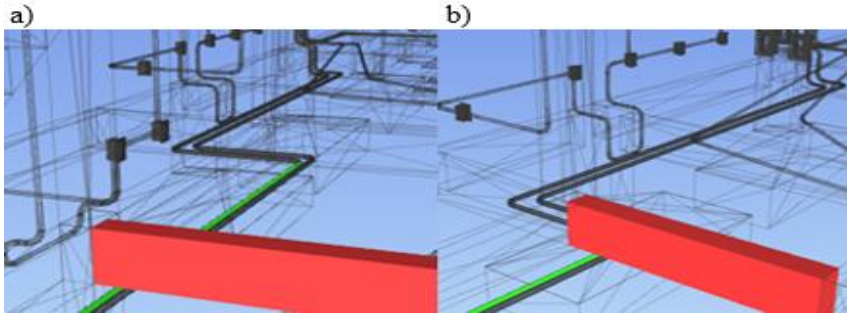
Nesse caso, os eletrodutos se adaptaram ao posicionamento da viga baldrame e foram deslocados para uma altura abaixo das vigas baldrames modeladas, como demonstrado na Figura 157.

5. PILAR x ELETRODUTO

Como citado na análise de interferência para essa situação, a ABNT NBR 6118/2014 não prevê furos em pilares, com isso, foi modificado o caminho dos

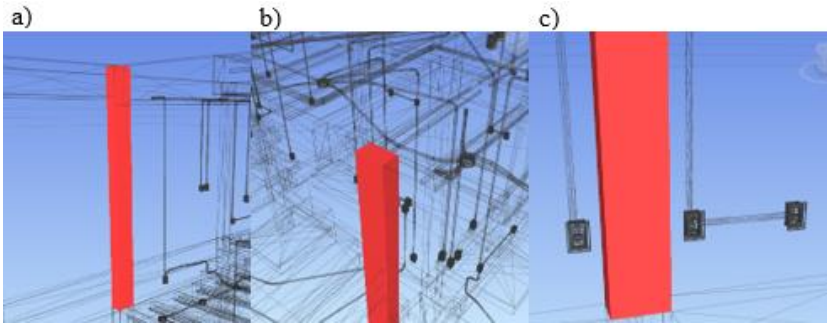
eletrodutos, para que se adaptassem a esse caso, fazendo com que os pilares que tenham esse tipo de interferência fiquem com a mesma seção e o mesmo posicionamento, como representado na Figura 158.

Figura 157 – Compatibilização entre viga baldrame e eletroduto. a) Eletroduto e viga baldrame (01); b) Eletroduto e viga baldrame (02).




Fonte: O autor (2022).

Figura 158 – Compatibilização entre pilar e eletroduto. a) pilar e eletroduto (01); b) pilar e eletroduto (02); c) pilar e eletroduto (03).




Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.2.3. PROJETO ESTRUTURAL x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Respeitando os parâmetros estabelecidos no estudo, a compatibilização entre o Projeto Estrutural e o Projeto de Instalações Hidrossanitárias foi realizada com sucesso, com destaque para 7 itens aprovados, ou seja, sem necessidade de modificação seja do pensionamento ou do seu caminho, como demonstrado na Figura 159.

As interferências encontradas entre os dois projetos citados, foi a segunda maior interferência entre os projetos da edificação, onde foram compatibilizados 85 elementos dos projetos: estrutural e hidrossanitário. Compatibilizações comprovadas abaixo.

1. VIGA x TUBO DE ESGOTO

Foi preciso que os tubos se adaptassem a realidade das vigas, fazendo com que não existam furos nos elementos estruturais, como pode ser observado na Figura 160, os

tubos precisaram ser deslocados em relação ao posicionamento das vigas, ou tiveram seu caminho modificado.

Figura 159 – Compatibilização entre projetos: estrutural x instalações hidrossanitárias.

Clash Detective

EST x HIDRO

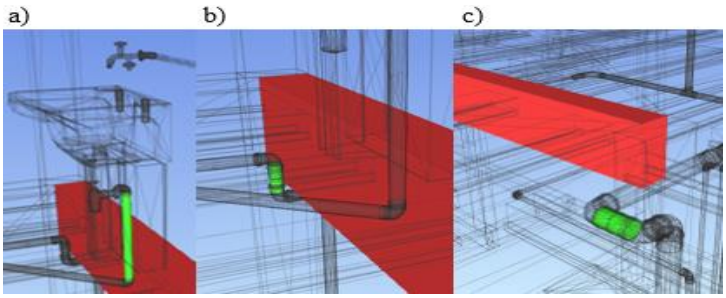
Last Run: segunda-feira, 16 de maio de 2022 17:43:52

Clashes - Total: 169 (Open: 0 Closed: 169

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 0 | 0 | 0 | 7 | 85 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 160 – Compatibilização entre viga e tubo de esgoto. a) Viga e tubo de esgoto (01); b) Viga e tubo de esgoto (02); c) Viga e tubo de esgoto (03).

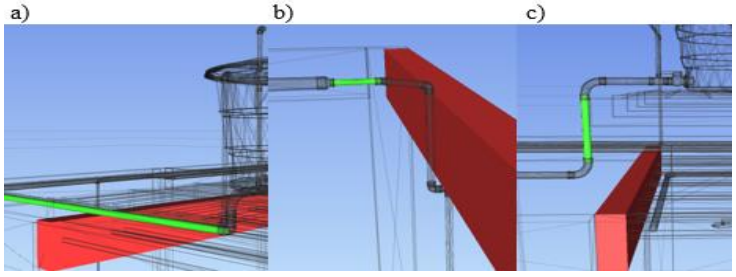



Fonte: O autor (2022).

2. VIGA x TUBO DE ÁGUA FRIA

Muitas interferências foram verificadas devido a semelhança dos níveis dos itens pertencentes aos projetos analisados, logo a altura dos tubos de água foi adaptada para percorrer um caminho acima do nível das vigas, fazendo com que as interferências sejam solucionadas trazendo a compatibilização entre esses elementos.

Figura 161 – Compatibilização entre viga e tubo de água fria. a) viga e tubo de água fria (01); b) viga e tubo de água fria (02); c) viga e tubo de água fria (03).

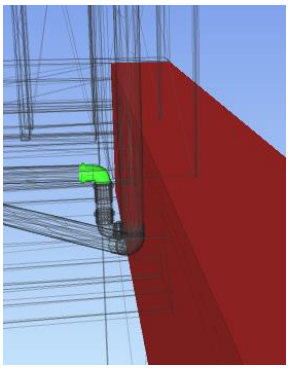



Fonte: O autor (2022).

3. VIGA x CONEXÃO DE ESGOTO

As conexões foram adequadas com o posicionamento do elemento estrutural, com isso, como demonstrado na Figura 162, existiu o deslocamento das conexões com as vigas.

Figura 162- Compatibilização entre viga e conexão de esgoto.

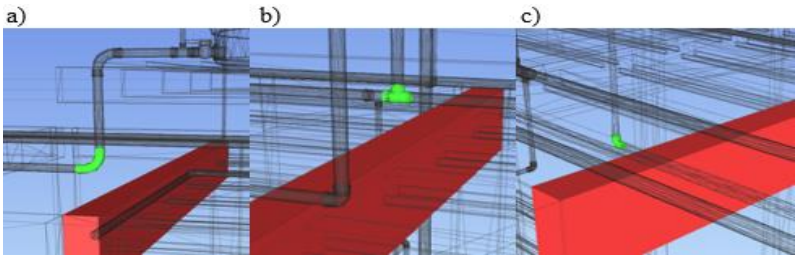


Fonte: O autor (2022).

4. VIGA x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA

Para essa situação a compatibilização foi realizada em conjunto com a do item “2. VIGA x TUBO DE ÁGUA”, pois na maioria das situações as conexões estão vinculadas aos tubos e ao subir o nível dos tubos os das conexões seguem o mesmo caminho da mudança.

Figura 163 – Compatibilização entre viga e conexão de água fria. a) viga e conexão (01); b) viga e conexão (02); c) viga e conexão (03)




Fonte: O autor (2022).

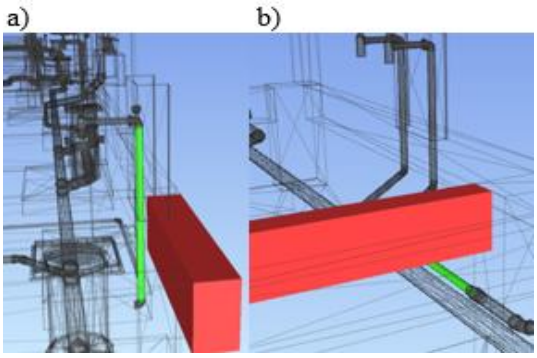
5. VIGA BALDRAME x TUBO DE ESGOTO

Foi preciso que os tubos de esgoto se ajustassem as vigas baldrames, na maioria das situações foi necessário diminuir o nível dos tubos em relação a viga, e em outros casos como o da Figura 164 (a), foi necessário que o tubo se deslocasse para frente ou trás da viga, desta forma, a interferência é evitada.

6. VIGA BALDRAME x TUBO DE ÁGUA FRIA

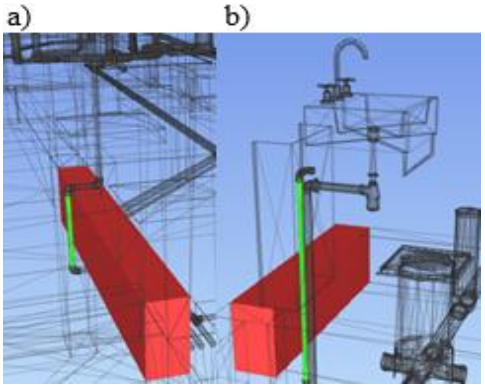
Situação semelhante ao item anterior, pois os tubos de água precisaram ser modelados a partir do posicionamento da viga baldrame, como o demonstrado na Figura 163 (a), o tubo foi modelado desviando a viga baldrame.

Figura 164 – Compatibilização entre viga baldrame e tubo de esgoto. a) Viga baldrame e tubo de esgoto (01); b) Viga baldrame e tubo de esgoto (02).




Fonte: O autor (2022).

Figura 165 – Compatibilização entre viga baldrame e tubo de água fria. a) Tubo de água fria (25mm) e viga baldrame (01); b) Tubo de água fria (25mm) e viga baldrame (02).




Fonte: O autor (2022).

7. VIGA BALDRAME x RALO

Nesse caso, foi necessário a exclusão do ralo antigo para adicionar um novo ralo, com posicionamento deslocado em relação a viga baldrame, modelagem fundamental para existir a compatibilização entre os dois elementos.

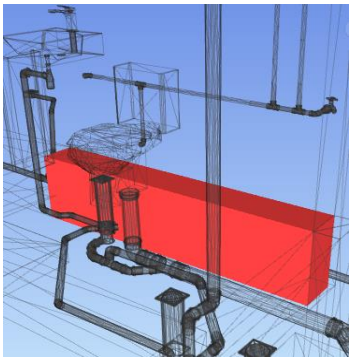
8. PILAR x TUBO DE ESGOTO

Como descrito anteriormente, o projeto estrutural será mentido quando existir uma interferência com o projeto de instalações hidrossanitárias. A partir dessa informação, a estrutura do pilar permaneceu a mesma e o tubo de esgoto teve que se adaptar a situação, portanto, foi necessário o desvio do tubo como apresentado na Figura 167.

9. PILAR x TUBO DE ÁGUA FRIA

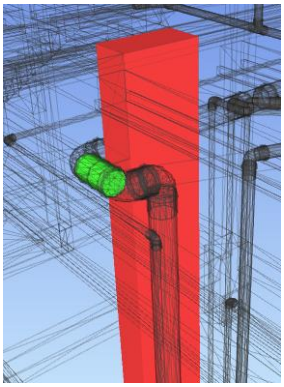
O tubo de água fria sofreu um leve deslocamento em relação ao pilar, para que não ocorra a interferência entre esses itens, como na Figura 168.

Figura 166 – Compatibilização entre viga baldrame e ralo.



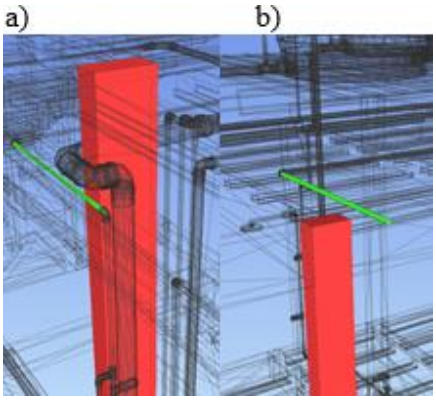
Fonte: O autor (2022).

Figura 167 – Compatibilização entre pilar e tubo de esgoto.



Fonte: O autor (2022).

Figura 168 – Compatibilização entre pilar e tubo de água fria. a) Pilar e tubo de água fria (01); b) Pilar e tubo de água fria (02).



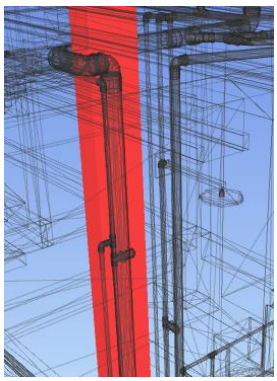

Fonte: O autor (2022).

## 10. PILAR x CONEXÃO DE ESGOTO

Para essa situação, a conexão de esgoto da modelagem para o projeto não compatibilizado foi excluída, com isso, ocorreu a compatibilização entre os itens

envolvidos na interferência, e destaca-se a permanência do pilar, como demonstrado na Figura 169.

Figura 169 – Compatibilização entre pilar e conexão de esgoto.

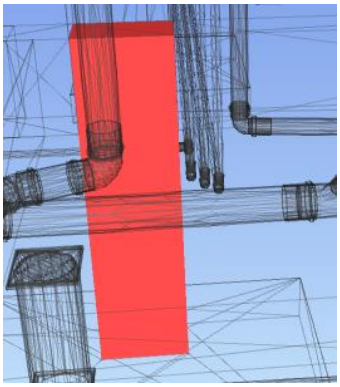


Fonte: O autor (2022).

11. PILAR DE FUNDAÇÃO x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA

A compatibilização ocorrida no item será semelhante ao tópico anterior “10. PILAR x CONEXÃO DE ESGOTO”, pois será necessário excluir a conexão de água fria para que aconteça a compatibilização do elemento hidrossanitário de água fria (conexão de água fria) com o elemento estrutural (pilar de fundação), representado na Figura 170.

Figura 170 – Compatibilização entre pilar de fundação e conexão de água fria.



Fonte: O autor (2022).

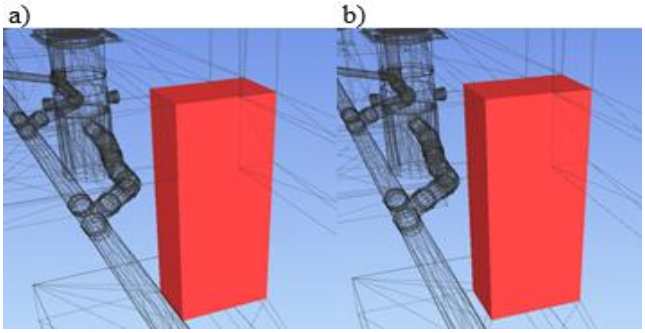
12. PILAR DE FUNDAÇÃO x CONEXÃO DE ESGOTO

Seguindo o exemplo dos itens anteriores, “10. PILAR x CONEXÃO DE ESGOTO” e “11. PILAR DE FUNDAÇÃO x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA”, nesse tópico foi seguido o mesmo roteiro dos citados acima, pois foi necessário a exclusão da conexão de esgoto, e a permanência do pilar de fundação, como demonstrado na Figura 171.

13. PILAR DE FUNDAÇÃO x TUBO DE ÁGUA FRIA

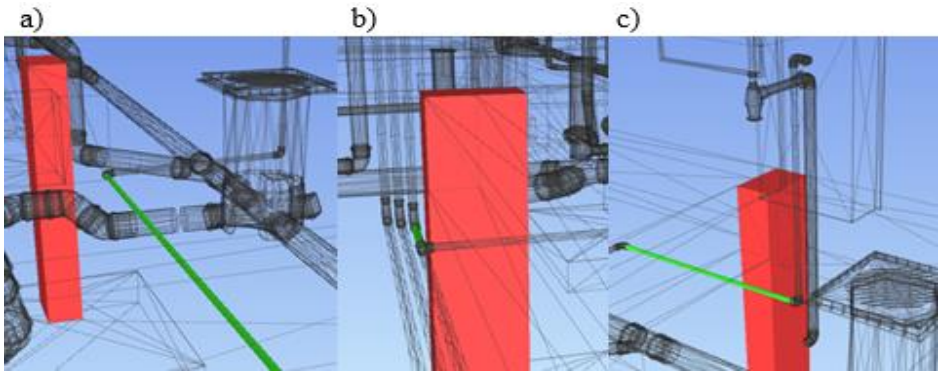
Sem exclusão dos itens envolvidos na interferência, o item 13 apresenta a solução para o problema encontrado entre o pilar de fundação e o tubo de água fria (25mm). Com a existência dos dois itens, nota-se que os tubos de água fria foram deslocados para que ocorresse o desvio dos pilares de fundação envolvidos na compatibilização, comprovado na Figura 172.

Figura 171 – Compatibilização entre pilar de fundação e conexão de esgoto. a) Pilar de fundação e conexão de esgoto (01); b) Pilar de fundação e conexão de esgoto (02).




Fonte: O autor (2022).

Figura 172 – Compatibilização entre pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm. a) Pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm (01); b) Pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm (02); c) Pilar de fundação e tubo de água fria – 25mm (03).

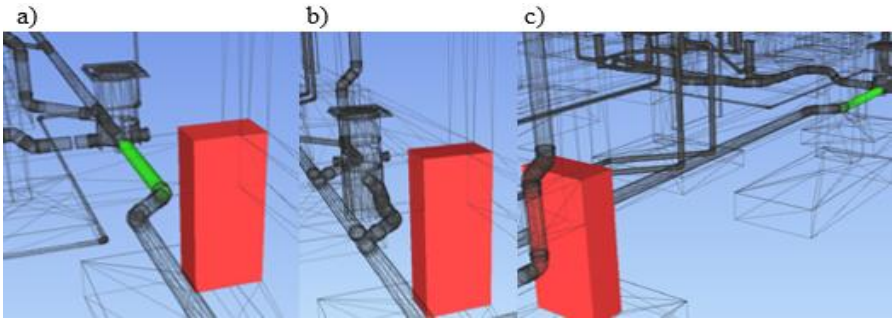



Fonte: O autor (2022).

## 14. PILAR DE FUNDAÇÃO x TUBO DE ESGOTO

Finalizando a apresentação das compatibilizações entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário, percebe-se que não foi feita a exclusão total do tubo de esgoto do projeto anterior, o tubo permanece até um certo perímetro, porém é observado que a tubulação sofreu um leve desvio de 45º, sendo necessário que seja feita a modelagem de novos tubos que passem a frente do pilar de fundação, seguindo seu caminho, como é comprovado na Figura 173.

Figura 173 – Compatibilização entre pilar de fundação e tubo de esgoto. a) Pilar de fundação e tubo de esgoto (01); b) Pilar de fundação e tubo de esgoto (02); c) Pilar de fundação e tubo de esgoto (03).




Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.2.4. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROEJTO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Com umas cinco interferências encontradas, a compatibilização entre o projeto arquitetônico e o projeto de instalações elétricas foi realizada com sucesso. Comprovando a informação os dados estão presentes na Figura 174.

Figura 174 – Compatibilização entre projetos: arquitetônico e instalações elétricas.

Clash Detective

ARQ x ELÉ

Last Run: segunda-feira, 16 de maio de 2022 17:43:52

Clashes - Total: 169 (Open: 0 Closed: 169

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |

Fonte: O autor (2022).

As soluções para as interferências podem ser observadas na Figura 175 e na Figura 176, onde foi listado cada problema encontrado.

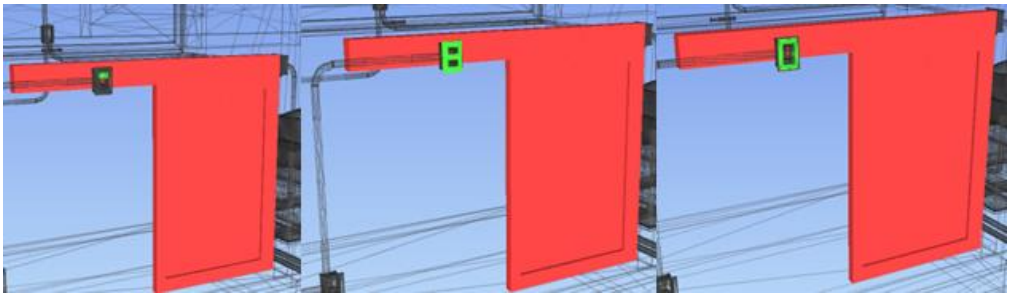
1. PORTA x ITENS DE TOMADA

Na compatibilização desse caso, as tomadas permaneceram na mesma posição e foi modificado a abertura da porta de correr para a parede localizada atrás das tomadas, deixando a frente das tomadas livres para uso, como na Figura 175.

2. JANELA x ELETRODUTO

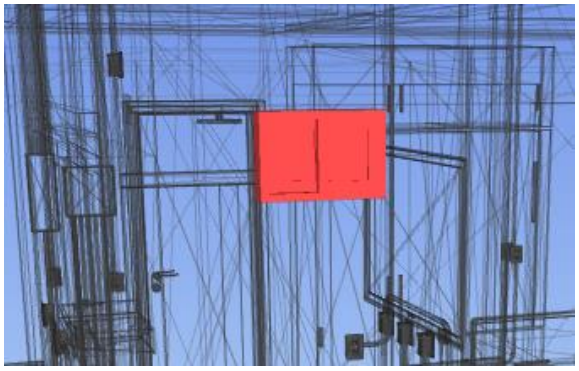
Nessa situação o eletroduto que cortava a janela foi excluído e realocado para um novo posicionamento, evitando dessa forma a interferência com o elemento arquitetônico, de acordo com a Figura 176.

Figura 175 – Compatibilização entre porta e itens de tomada.



Fonte: O autor (2022)

Figura 176 – Compatibilização entre janela e eletroduto.



Fonte: O autor (2022).

#### 4.2.2.5. PROJETO ARQUITETÔNICO x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Representando o menor número de interferências encontradas com apenas uma interferência entre as duas disciplinas, a Figura 177 comprova que a interferência encontrada foi solucionada. A solução da interferência entre os projetos arquitetônico e projeto de instalações hidrossanitárias, é destacada na Figura 178.

1. TUBULAÇÃO DE ESGOTO x JANELA

Para a única situação de interferência entre o projeto hidrossanitário e o projeto arquitetônico, a solução da interferência encontrada foi feita de forma rápida e precisa com a exclusão da tubulação antiga, e a modelagem de um novo caminho para o tubo sem modificar o tamanho da janela.

Figura 177 – Compatibilização entre projetos: arquitetônico e instalações hidrossanitárias.

Clash Detective

ARQ x HIDRO

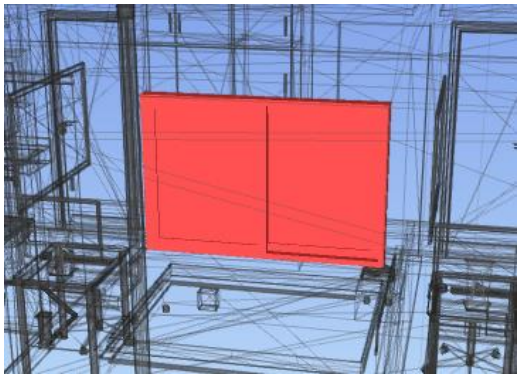
Last Run: segunda-feira, 11 de abril de 2022 17:33:5

Clashes - Total: 5 (Open: 0 Closed: 5

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 178 – Compatibilização entre tubo de esgoto e janela de correr.



Fonte: O autor (2022)

#### 4.2.2.6. PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS x PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

A Figura 179 traz em sua representação a compatibilização de todos os itens encontrados com interferência anteriormente entre o projeto de instalações elétricas e o projeto de instalações hidrossanitárias, onde pode ser observado todos os *clashes* convertidos em *resolved*, significando que todos os elementos encontrados foram solucionados através da compatibilização.

Todos os elementos compatibilizados serão disponibilizados nos tópicos abaixo, de início a primeira compatibilização está representada através da Figura 180 com a compatibilização entre eletroduto e tubo de ventilação e, por fim, a Figura 187 com a compatibilização entre o eletroduto e a caixa de gordura.

1. ELETRODUTO x TUBO DE VENTILAÇÃO

Ao ser verificado a interferência entre os elementos citados, foi necessário encontrar um novo caminho para modelagem do tubo de ventilação, ou seja, o primeiro

tubo modelado foi excluído visando solucionar a interferência das peças, como demonstrado na Figura 180.

Figura 179 – Compatibilização entre projetos: instalações elétricas e instalações hidrossanitárias.

Clash Detective

ELÉ x HIDRO

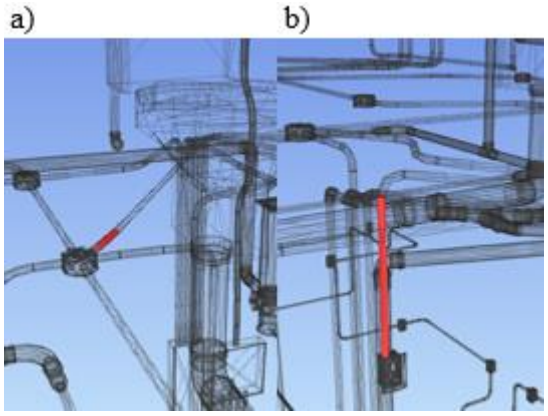
Last Run: quarta-feira, 29 de junho de 2022 20:54:3

Clashes - Total: 1 (Open: 0 Closed: 1

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 0 | 0 | 0 | 7 | 85 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 |

Fonte: O autor (2022).

Figura 180 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de ventilação. a) Eletroduto e tubo de ventilação (01); b) eletroduto e tubo de ventilação (02).




Fonte: O autor (2022).

2. ELETRODUTO x PROLONGADOR RALO

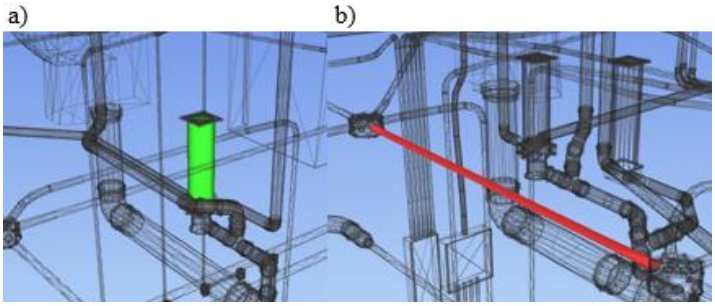
A compatibilização dos itens está situada na Figura 181, demonstrada a seguir. Como pode ser observado existiram dois meios para solucionar as interferências encontradas, no primeiro caso a solução foi feita a partir da permanência do ralo e exclusão do eletroduto com novo caminho, apresentado na Figura 181 (a), e a segunda interferência como na Figura 181 (b), a permanência do eletroduto e a exclusão do antigo ralo.

3. ELETRODUTO x TUBO DE ESGOTO

Solução feita com a exclusão ou novo caminho para todos os itens envolvidos na interferência, como demostrando na Figura 182. Para a Figura 182 (a), é observado que não existe nenhum dos dois elementos envolvidos, isso se dá pelo fato de que os dois

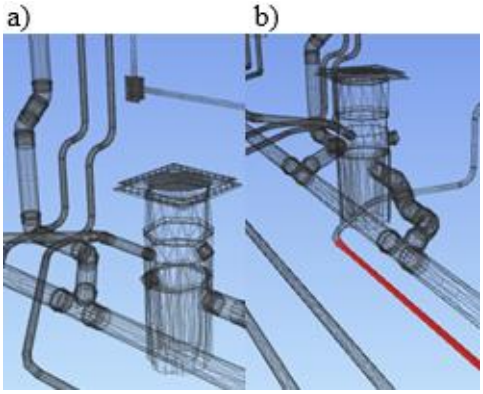
itens precisaram ser excluídos e feito um novo caminho para que os elementos sejam compatibilizados, na Figura 182 (b), o eletroduto permaneceu com seu caminho, porém foi necessário a exclusão do tubo de esgoto.

Figura 181 – Compatibilização entre eletroduto e prolongador do ralo. a) prolongador de ralo e eletroduto (01); b) prolongador de ralo e eletroduto (02).




Fonte: O autor (2022).

Figura 182 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de esgoto. a) eletroduto e tubo de esgoto – 100mm (01); b) eletroduto e tubo de esgoto – 50mm (01).

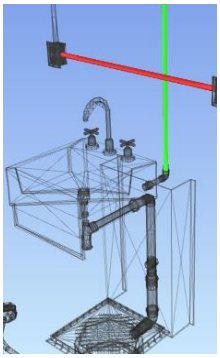



Fonte: O autor (2022).

4. ELETRODUTO x TUBO DE ÁGUA FRIA (PAREDE)

Com esses itens a solução da interferência, foi feita o deslocamento do tubo de água fria em relação ao eletroduto, como pode ser observado na Figura 183.

Figura 183 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de água fria (parede).

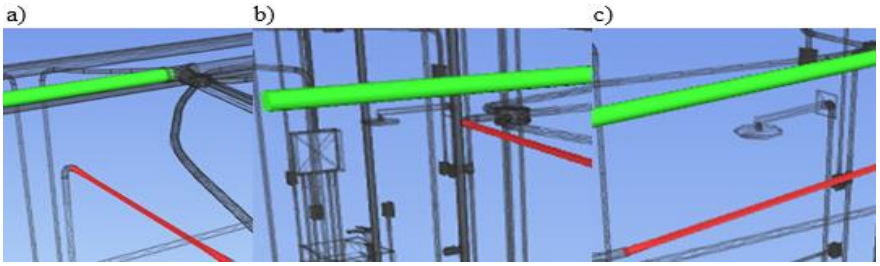


Fonte: O autor (2022).

5. ELETRODUTO x TUBO DE ÁGUA FRIA (COBERTA)

Foi observado que as interferências encontradas nessa situação representavam os eletrodutos do pavimento superior e a tubulação de água fria da coberta compartilhando a mesma altura, sendo inevitável o surgimento de interferências, com isso, os eletrodutos permaneceram no seu nível inicial, e os tubos de água fria sofreram alteração em seu nível, sendo realocados acima dos eletrodutos, fazendo com que esses itens sejam compatibilizados, como comprovado na Figura 184.

Figura 184 – Compatibilização entre eletroduto e tubo de água fria (coberta). a) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (01); b) eletroduto e tubo de água fria – 50mm (02); c) eletroduto e tubo de água fria – 50mm. (03).

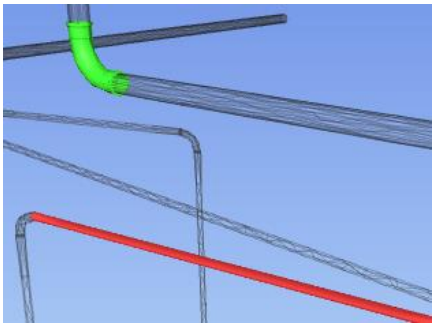



Fonte: O autor (2022).

6. ELETRODUTO x CONEXÃO DE ÁGUA FRIA

Caso com a mesma solução do item anterior “5. ELETRODUTO x TUBO DE ÁGUA FRIA (COBERTA)”, visto que os elementos de conexão de água fria compartilham em sua maioria os mesmos caminhos da tubulação de água fria, apresentado na Figura 185.

Figura 185 – Compatibilização entre eletroduto e conexão de água fria.



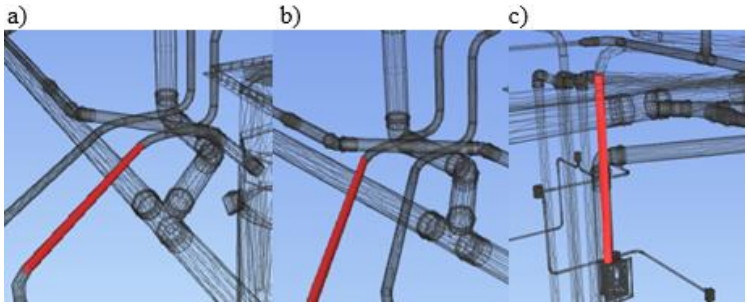
Fonte: O autor (2022).

7. ELETRODUTO x CONEXÃO DE ESGOTO

Para essa situação todas as conexões de esgoto necessitaram ser realocadas para um novo posicionamento como demonstrado na Figura 186, pois é visível verificar a

existência apenas de eletrodutos destacados com a cor vermelha, sem a existência das conexões na cor verde.

Figura 186 – Compatibilização entre eletroduto e conexão de esgoto. a) eletroduto e conexão de esgoto – 100m (01). b) eletroduto e conexão de esgoto – 100mm (02); c) eletroduto e conexão de esgoto – 40mm (03).

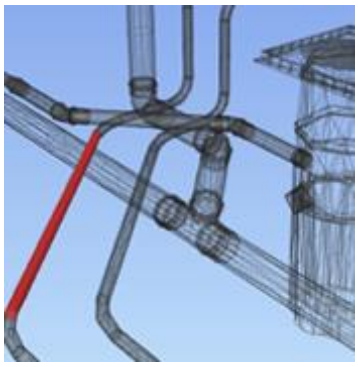



Fonte: O autor (2022).

8. ELETRODUTO x CAIXA

Nessa situação destaca-se a exclusão da caixa de gordura que sofreu alteração em seu posicionamento, desta forma apenas o eletroduto é visível para existir a compatibilização entre os dois elementos.

Figura 187 – Compatibilização entre eletroduto e caixa de gordura.



Fonte: O autor (2022).

### 4.2.2.7. PROJETO DE INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA x PROJETO DE INSTALAÇÕES DE ESGOTO

A interferência entre o projeto de instalações de água fria e o projeto de instalações de esgoto juntamente com a interferência entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural corresponde aos únicos momentos que algumas das incompatibilidades encontradas tiveram condições de serem aprovadas, no caso dos projetos analisados nesse tópico foram 4 interferências aprovadas e 5 interferências resolvidas, como comprovado

na Figura 188. Os problemas solucionados estão detalhados abaixo onde podem ser observados na Figura 189 e na Figura 190.

Figura 188 – Compatibilização entre projetos: instalações de água fria e instalações de esgoto.

Clash Detective

AF x ESG — Last Run: quarta-feira, 29 de junho de 2022 20:55:
Clashes - Total: 72 (Open: 0 Closed: 7

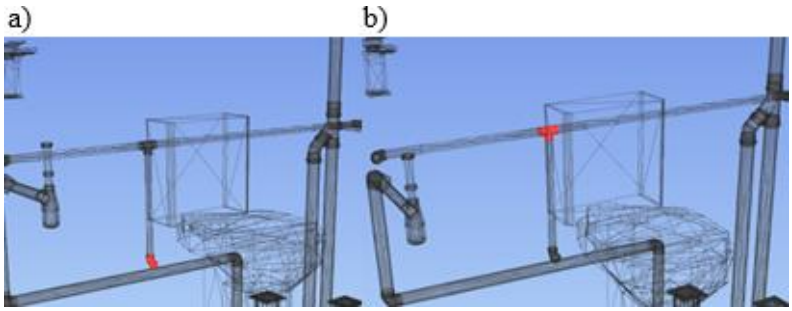
| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |

Fonte: O autor (2022).

1. CONEXÃO DE ÁGUA FRIA x TUBO DE ESGOTO

Na Figura 189 é possível observar que para compatibilização dos elementos o tubo de esgoto foi realocado, fazendo com que não tenha problemas a permanência da conexão de água fria em sua modelagem inicial.

Figura 189 – Compatibilização entre conexão de água fria e tubo de esgoto. a) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm (01); b) conexão de água fria e tubo de esgoto – 40mm (02).




Fonte: O autor (2022).

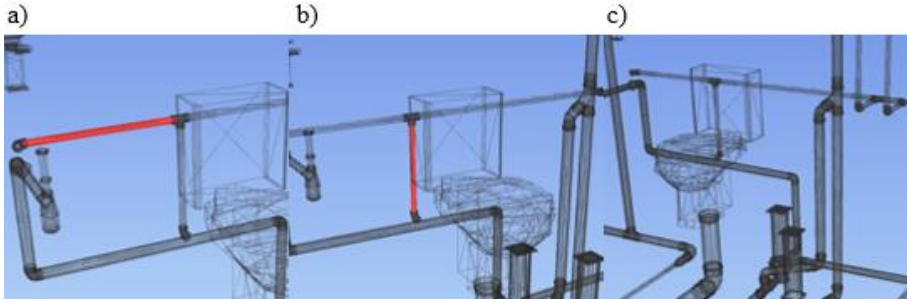
2. TUBO DE ÁGUA FRIA x TUBO DE ESGOTO

Finalizando os itens de água fria e esgoto, é observado na Figura 190 (a) e Figura 190 (b), a permanência da tubulação de água fria em sua modelagem inicial, com a exclusão do tubo de esgoto para que seja feito um novo caminho. Por fim, a Figura 190 (c) demonstra a exclusão dos itens com interferência desses dois projetos, para um novo caminho compatibilizado.

### 4.2.2.8. ANÁLISE GERAL DE INTERFERÊNCIAS

Por fim, todas as interferências encontradas foram compatibilizadas, sendo é possível chegar a uma edificação 100% compatibilizada, fazendo com que o tempo e o custo da obra sejam otimizados (item descrito detalhadamente no tópico “4.2.3. ESTIMATIVA DE CUSTO E TEMPO COM A COMPATIBILIZAÇÃO”).

Figura 190 – Compatibilização entre tubo de água fria e tubo de esgoto. a) tubo de água fria - 25mm e tubo de esgoto – 40mm (01); b) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm (02); c) tubo de água fria – 25mm e tubo de esgoto – 40mm.




Fonte: O autor (2022).

A compatibilização traz como consequência uma execução realizada de forma segura e responsável, evitando assim possíveis problemas na fase construtiva da edificação. A Figura 191, apresenta um resumo de todos os projetos compatibilizados com suas interferências aprovadas e resolvidas.

Figura 191 – Resumo das compatibilizações aprovadas (*approved*) e resolvidas (*resolved*).

| Name | Status | Clashes | New | Active | Reviewed | Approved | Resolved |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF x ESG | Old | 9 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 |
| ARQ x ELÉ | Old | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| ARQ x HIDRO | Old | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ARQ. x EST. | Old | 15 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| ELÉ x HIDRO | Old | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| EST x HIDRO | Old | 92 | 0 | 0 | 0 | 7 | 85 |
| EST x ELÉ | Old | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 |

Fonte: O autor (2022).

### 4.2.3. ESTIMATIVA DA OTIMIZAÇÃO DE CUSTO E TEMPO COM A COMPATIBILIZAÇÃO

Com a compatibilização finalizada, é possível estimar o custo e o tempo otimizado a partir da solução das interferências na fase de projeto. Para isso, foi manuseada a ferramenta do CUB/m², citada no tópico 2.5.

Para utilizar o CUB/m², é importante destacar onde a edificação é localizada, nesse caso a obra está presente na cidade de Petrolina no estado de Pernambuco, região de responsabilidade do SINDISCON/PE, desse modo, foi verificado que para uma edificação unifamiliar de alto padrão (R-1), o valor do CUB/m² para o mês de abril de 2022 (mês de início da obra), sem desoneração, é de R$2.921,17.

Portanto, foi constatado que a obra em questão tem uma área construída de 136,43 m², com 74,56 m² para o Pavimento Térreo, 30,16 m² para o apartamento 01, com 31,71m² do apartamento 02, ambos ambientes situados no Pavimento Superior, logo será considerando que cada repartição da edificação corresponde a uma unidade unifamiliar. Com isso, será manipulada a Equação 1, para chegar ao valor estimado final da obra.

$$\text{R\$ (total)} = \text{Ac} \cdot \text{CUB/m}^2 \qquad (1)$$

Em que:

- Ac é a Área construída em m²;
- CUB/m² é o valor do metro quadrado do tipo de projeto estabelecido.

Solucionando a Equação 1, substituindo os valores de cada item explicado é possível fazer o cálculo destacado abaixo.

$$\text{R\$ (total)} = 136{,}43\ \text{m}^2 \cdot \frac{\text{R\$ } 2.921{,}71}{\text{m}^2}$$

$$\text{R\$ (total)} = \text{R\$ } 398.535{,}22$$

Logo, o custo estimado total da obra utilizando a Equação 1 é de R$398.535,22, vale destacar que o valor encontrado corresponde ao projeto sem compatibilização.

A partir do custo estimado encontrado, foi possível utilizar os dados presentes no Quadro 7, que representa a estimativa do custo de cada etapa da edificação começando pelos serviços preliminares passando por todas as etapas necessárias de uma edificação e finalizando com os serviços preliminares que nada mais é que os últimos detalhes para a entrega da edificação, tais informações serão demonstradas na Tabela 2, situada abaixo.

Como observado na Tabela 2, é importante destacar algumas informações como a etapa que gera mais gastos para a edificação correspondente a etapa 4.SUPERESTRUTURA, representando que nessa etapa deve ser investido com materiais e mão de obra de qualidade para uma eficiência da obra, por outro lado, o item 7.COBERTURA, representa nada mais que 0,5% do custo de uma obra de alto padrão.

Tabela 2 – Estimativa de custo da obra - CUB.

| ESTIMATIVA DE CUSTO DA OBRA | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | **SERVIÇOS PRELIMINARES** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 11.956,06 | 3 |
| **2.** | **MOVIMENTO DE TERRA** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 3.985,35 | 1 |
| **3.** | **INFRAESTRUTURA** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 27.897,47 | 7 |
| **4.** | **SUPERESTRUTURA** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 71.736,34 | 18 |
| **5.** | **VEDAÇÃO** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 31.882,82 | 8 |
| **6.** | **ESQUADRIAS** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 11.956,06 | 3 |
| **7.** | **COBERTURA** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 1.992,68 | 0,5 |
| **8.** | **INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 47.824,23 | 12 |
| **9.** | **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 19.926,76 | 5 |
| **10.** | **IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAÇÃO TÉRMICA** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 47.824,23 | 12 |
| **11.** | **REVESTIMENTO (PISO, PAREDES E FORROS)** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 79.707,04 | 20 |
| **12.** | **VIDROS** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 13.948,73 | 3,5 |
| **13.** | **PINTURA** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 19.926,76 | 5 |
| **14.** | **SERVIÇOS COMPLEMENTARES** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 7.970,70 | 2 |
| | **TOTAL FINAL** | **CUSTO** | **(%)** |
| | | R$ 398.535,22 | 100 |

Fonte: O autor (2022).

Como citado acima os dados calculados são de acordo com a estimativa do custo estimado da obra, entretanto, de acordo com GPSKal (2018), a compatibilização reduz entre 5% e 10% do valor total da obra.

A partir dessa informação, é possível calcular a economia de custo considerando que a compatibilização foi realizada dentro das melhores condições para o projeto e a execução da obra, com isso, o cálculo do valor economizado em reais será representado por 10% do custo estimado da obra. Para o auxílio dessa operação foi necessário a utilização da Equação 2, descrita a seguir.

$$\text{R\$ (economizado)} = \text{R\$ (total)} \cdot 10\% \quad (2)$$

Em que:

- R$ (total) representa o valor estimado do custo total da obra;
- 10% é o total que será economizado no custo estimado da obra.

Resolvendo a Equação 2, temos que:

$$\text{R\$ (economizado)} = \text{R\$398.535,22} \cdot 10\%$$

$$\text{R\$ (economizado)} = \text{R\$ 39.853,52}$$

Com a resolução da Equação 2, foi constatado uma economia de R$ 39.853,52, correspondendo a 10% do valor total da obra. Com esse dado é viável verificar a estimativa do valor por dia de obra, para que com isso esse valor seja convertido em quantidade de dias de obra otimizado.

Portanto, foi disponibilizado pela empresa executora a quantidade de dias planejados para entrega da edificação, tais informações estão representadas na Tabela 3, situada abaixo.

Através das informações na Tabela 3, calcula-se o valor do custo por dia de obra com a solução da Equação 3.

$$\text{R\$ (dia)} = \frac{\text{R\$ (total)}}{\text{Dias (total)}} \quad (3)$$

Em que:

- R$ (total) é o custo total estimado da obra sem a compatibilização;
- Dias (total) é a quantidade de dias totais da obra fornecida pela empresa executora, sem a compatibilização.

Tabela 3 – Estimativa de tempo da obra.

| ESTIMATIVA DE TEMPO DA OBRA | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | **SERVIÇOS PRELIMINARES** | **Dias** | **(%)** |
| | | 27 | 6,96 |
| **2.** | **MOVIMENTO DE TERRA** | **Dias** | **(%)** |
| | | 15 | 3,87 |
| **3.** | **INFRAESTRUTURA** | **Dias** | **(%)** |
| | | 25 | 6,44 |
| **4.** | **SUPERESTRUTURA** | **Dias** | **(%)** |
| | | 92 | 23,71 |
| **5.** | **VEDAÇÃO** | **Dias** | **(%)** |
| | | 45 | 11,60 |
| **6.** | **ESQUADRIAS** | **Dias** | **(%)** |
| | | 10 | 2,58 |
| **7.** | **COBERTURA** | **Dias** | **(%)** |
| | | 10 | 2,58 |
| **8.** | **INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS** | **Dias** | **(%)** |
| | | 14 | 3,61 |
| **9.** | **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS** | **Dias** | **(%)** |
| | | 20 | 5,15 |
| **10.** | **IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAÇÃO TÉRMICA** | **Dias** | **(%)** |
| | | 3 | 0,77 |
| **11.** | **REVESTIMENTO (PISO, PAREDES E FORROS)** | **Dias** | **(%)** |
| | | 86 | 22,16 |
| **12.** | **VIDROS** | **Dias** | **(%)** |
| | | 8 | 2,06 |
| **13.** | **PINTURA** | **Dias** | **(%)** |
| | | 30 | 7,73 |
| **14.** | **SERVIÇOS COMPLEMENTARES** | **Dias** | **(%)** |
| | | 3 | 0,77 |
| | **TOTAL DE DIAS FINAL** | **Dias** | **(%)** |
| | | 388 | 100,00 |

Fonte: Empresa executora (2022).

Colocando em prática a Equação 3, temos que:

$$\text{R\$ (dia)} = \frac{\text{R\$ } 398.535{,}22}{388 \text{ dias}}$$

$$\text{R\$ (dia)} = \text{R\$ } 1.027{,}15$$

Com o resultado obtido pela solução da Equação 3, foi encontrado o valor estimado do custo por dia de obra correspondente a R$ 1.027,15.

Para os cálculos visando obter a quantidade de dias otimizados com a compatibilização será utilizado a Equação 4, encontrada abaixo.

$$\text{Dias (economizado)} = \frac{\text{R\$ (economizado)}}{\text{R\$ (dia)}} \quad (4)$$

Em que:

- R$ (economizado) é o custo otimizado a partir da compatibilização dos projetos;
- R$ (dia) diz respeito ao valor por dia de obra.

Por meio desses dados é possível aplicar os valores na Equação 4, com isso, temos:

$$\text{Dias (economizado)} = \frac{\text{R\$ 39.853,52}}{\text{R\$ 1.027,15}}$$

38,80 dias ≈ 39 dias.

Com a utilização de todas as Equações apresentadas, foi concluído com o estudo de que foram otimizados 39 dias do planejamento inicial, feito pela empresa executora.

Por fim, conclui-se que a compatibilização gerou uma economia estimada de R$39.853,22, que corresponde ao total de 39 dias de obra otimizados, que será descrito a seguir.

Custo estimado final da obra, será feito pela Equação 5.

$$\text{R\$ (final)} = \text{R\$ (total)} - \text{R\$ (economizado)} \quad (5)$$

Onde:

- R$ (total) corresponde ao custo estimado da obra sem compatibilização;
- R$ (economizado) representa o valor economizado com a compatibilização dos projetos.

Através da compatibilização foi possível comprovar a economia feita, com o custo estimado da obra, utilizando o valor de 10% do custo total. Com o valor total e o valor economizado foi feita a subtração entre os valores encontrados encontrado para que por fim seja encontrado o valor estimado final da obra que corresponde ao valor de R$ 358.682,00. Dados comprovados com a solução da Equação 5, representada abaixo.

R$ (final) = R$ 398.535,22 – R$ 39.853,52

R$ (final) = R$ 358.682,00

A Figura 192, apresenta o gráfico que demonstra os dois valores encontrados no estudo, o primeiro com o valor sem a compatibilização, representando R$398.535,22 para o custo estimado total sem a compatibilização e o valor de R$ 358.682,00 correspondente ao custo estimado final da obra.

Com o custo estimado final da obra finalizado, é importante ser calculado a quantidade de dias otimizada para o término da obra, que será feito a partir da Equação 6, representada a seguir.

Dias (final) = Dias (total) – Dias (economizado) (6)

Em que:

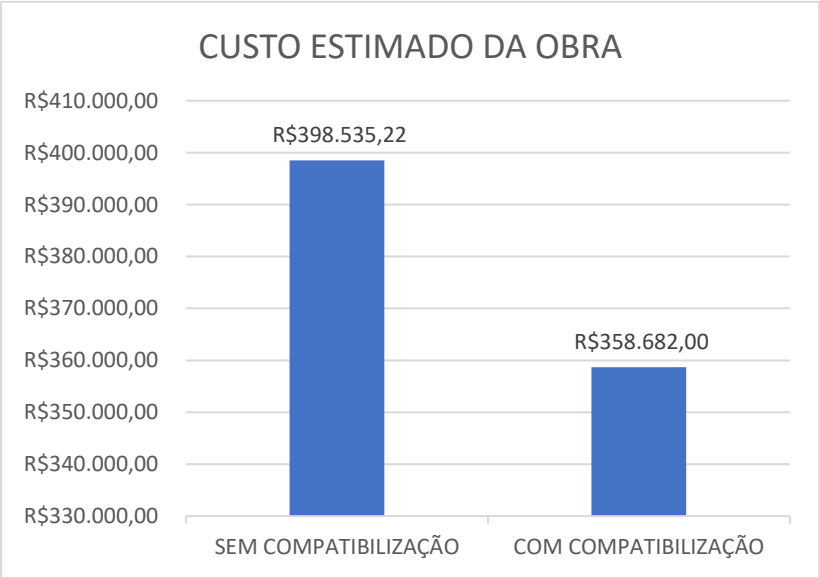
- Dias (total) revela a quantidade de dias estimada pela empresa executora;
- Dias (economizados) diz sobre a quantidade de dias economizados com a compatibilização.

Dias (final) = 388 – 39

Dias (final) = 349

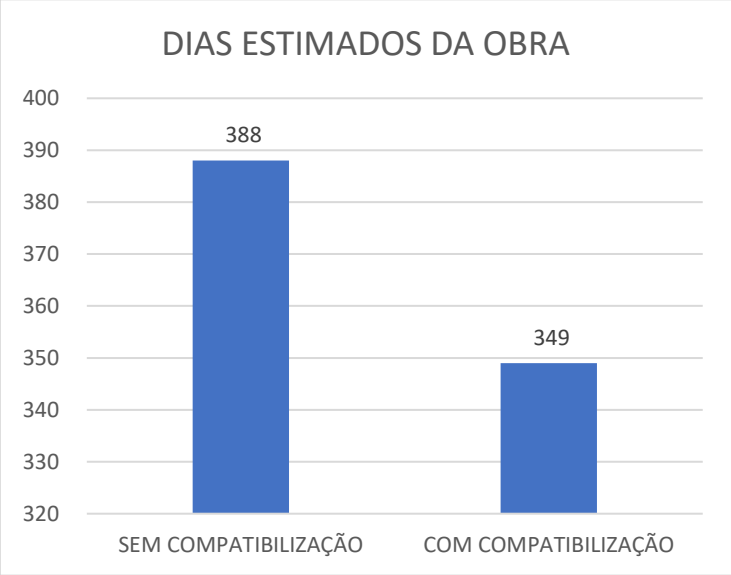
Finalizando o estudo do trabalho em questão foi verificado que a compatibilização otimizou o tempo da obra em 39 dias, representando a quantidade de 349 dias totais para a entrega finalizada da obra, como apresentado na Figura 193.

Figura 192 – Custo estimado da obra.




Fonte: O autor (2022).

Figura 193 – Quantidade de dias estimados da obra.




Fonte: O autor (2022).

## 5. CONCLUSÃO

Através dos resultados encontrados neste trabalho é comprovada a eficiência da inovação que é o sistema BIM na compatibilização de projetos, visto que, com o auxílio da metodologia BIM verificou-se as interferências na fase de projeto, sendo possível solucioná-las antes que fossem encontradas na execução da construção. Os problemas existentes ao serem encontrados durante o exercício da obra teriam muitas consequências negativas como retrabalhos, atrasos e algumas soluções inadequadas, impactando em futuros problemas para os proprietários da edificação, logo, a falta de compatibilização reflete diretamente no aumento do custo e do tempo da obra.

No estudo foi registrado um total de 363 interferências, sendo que, 348 precisaram ser compatibilizadas e 15 foram aprovadas. As medidas tomadas tiveram como consequência 100% dos projetos compatibilizados entre si, onde todas as interferências foram identificadas e solucionadas.

As interferências encontradas que se destacaram foram entre o projeto de instalações elétricas e o projeto estrutural com 46,56% das incompatibilidades que diz respeito a 169 problemas para serem resolvidos, outro destaque entre os projetos estudados, se deu a partir da interferência entre o projeto arquitetônico e o projeto hidrossanitário com 0,28% de interferências a serem compatibilizadas.

Além de comprovar a eficiência da compatibilização entre projetos, na sequência do estudo a otimização de custo e dias foi verificada com as soluções de interferências encontradas, sendo possível evidenciar uma economia de R$ 39.853,52, com esse valor convertido em dias, foi encontrado um total de 39 dias otimizados do planejamento inicial da obra finalizada, reforçando ainda mais a importância da compatibilização entre projetos na fase de planejamento, trazendo como consequência uma obra dentro do previsto de custo e prazo.

Logo, o estudo demonstra e comprova que a inovação das tecnologias de projeto e execução estão trabalhando em conjunto refletindo em melhorias ao setor do AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), pois através dos modelos tradicionais (2D) seria algo mais difícil de ser encontrado e consequentemente o reflexo seria grandes problemas no decorrer da obra.

Diante disso foi possível encontrar e solucionar as interferências, minimizando o custo e o tempo que são fatores primordiais dentro da construção civil, onde muitos casos ocorrem grandes erros durante a execução e a entrega prevista da obra.

## 5.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se fazer o comparativo da extração de quantitativos de materiais através da metodologia BIM, entre uma obra compatibilizada e uma obra não compatibilizada.

Sugere-se também explorar o cronograma físico para verificar em que intervalo de tempo as interferências seriam encontradas ao listando em cada etapa encontrada, e verificar em qual fase surge mais problemas.

Sugere-se utilizar as demais metodologias posteriores ao 4D, como a 5D.

Sugere-se a aplicação das metodologias e softwares utilizados no presente trabalho em obras públicas.

Sugere-se a aplicação da presente metodologia em programas sociais como construção de complexos residenciais sociais para avaliar índices econômicos, tempo de execução e qualidade dos materiais utilizados.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. Linkedln. **TEORIA DAS 10 DIMENSÕES BIM**, 2019. Disponivel em: <https://www.linkedin.com/pulse/teoria-das-10-dimens%C3%B5es-bim-maria-almeida/>. Acesso em: 23 Janeiro 2022.

ALTOQI. AltoQi - Tecnologia BIM aplicada à engenharia. **Eberick - Solução para seus projetos estruturais**, 2022. Disponivel em: <https://hotsite.altoqi.com.br/eberick/>. Acesso em: 09 Janeiro 2022.

APARECIDA, S. D. **Avaliação do uso da tecnologia BIM como ferramenta de fiscalização de obras públicas na etapa de concepção e elaboração de projetos**, p. 96, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Civil. Uberlândia, 2018.

ARAÚJO, A. IPOG Blog. **BIM e a compatibilização de projetos - você já sabe tudo sobre essa ferramenta?**, 2018. Disponivel em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/bim-e-a-compatibilizacao-de-projetos-voce-ja-sabe-tudo-sobre-essa-ferramenta/>. Acesso em: 09 julho 2022.

ARAUJO, W. BIM EXCELLENCE. **NORMAS E PADRÕES BIM NO BRASIL**, 2022. Disponivel em: <https://www.bimexcellence.com.br/blog/normas-e-padroes-bim-no-brasil>. Acesso em: 30 Julho 2022.

ARNAL, I. P. BIM Community. **Por que não começamos do começo?**, 2018. Disponivel em: <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>. Acesso em: 05 Janeiro 2022.

ASBEA, G. -. **Guia AsBEA:** Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM. São Paulo: ASBEA, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15873**. - Coordenação Modular para Edificações. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **ABNT NBR ISO 12006-2**. Construção da Edificação - Organização de Informação da Construção - Parte 2: Estrutura para Classificação da Informação. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **ABNT NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ABNT NBR 15965-1**. Sistema de Classificação da Informação da Construção - Parte 1: Termologia e Estrtuura. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **ABNT NBR 15965-2**. Sistema de Classificação da Informação da Construção - Parte 2: Características dos Objetos da Cosntrução. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **ABNT NBR 15965-3**. Sistema de Classificação da Informação da Construção- Parte 3: Processo de Construção. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ABNT NBR 15965-4**. Sistema de Classificação da Informação da Construção - Parte 4: Recursos da Construção. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **ABNT NBR 15965-5**. Sistema de Classificação da Informação da Construção - Parte 5: Resultados da construção. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **ABNT NBR 15965-6**. Sistema de Classificação da Informação da Construção - Parte 6: Unidades e espaços da construção.

_____. **ABNT NBR 15965-7**. Sistema de Classificação da Informação da Cosntrução - Parte 7: Informação da Cosntrução.

_____. **ABNT NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ABNT NBR 5626:** Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **ABNT NBR 8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **ABNT NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ATRIUM. Atrium Engenharia Júnior. **As dimensões do BIM**, 29 Junho 2021. Disponivel em: <https://atriumengenhariajr.com.br/index.php/2021/06/30/as-dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 20 Novembro 2021.

AUTODESK. Autodesk. **Revit BIM software for designers, builders, and doers**, 2021. Disponivel em: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 09 Janeiro 2022.

AUTODESK. Autodesk. **Visão geral O que é o Navisworks?**, 2021. Disponivel em: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>. Acesso em: 16 Janeiro 2022.

CÂMERA DOS DEPUTADOS. **Legislação Informatizada - DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 - Publicação Original**, 2018. Disponivel em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>. Acesso em: 15 Novembro 2021.

CARVALHO, Y. M. V. D. **Análise do BIM aplicado ao gerenciamento - Simulação 5D**, p. 81, 2017. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharias Estrutural e Construção Civil. Fortaleza, 2017.

CONSTRUCTION, M. H. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets:** How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling. Bedford, MA: [s.n.], 2014. Disponivel em: <https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf>. Acesso em: 09 Novembro 2021.

COUTINHO, T. Voitto. **Veja como usar o MS Project, uma ferramenta essencial para fazer o gerenciamento de projetos.**, 2020. Disponivel em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-ms-project>. Acesso em: 17 Janeiro 2022.

DARÓS, J. O que é interoperabilidade? **Utilizando BIM**, 2019. Disponivel em: <https://utilizandobim.com/blog/interoperabilidade/>. Acesso em: 06 Janeiro 2022.

EASTMAN, C. et al. **Manual BIM – Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 2ª. ed. São Paulo: BOOKMAN, 2014.

FALCÃO SILVA, M. J. et al. Proposta de Roteiro para Implementação de Modelagem de Informação de Construção (BIM) em Portugal. **Open Journal of Civil Engineering**, Lisboa, v. 6, p. 7, Junho 2016.

FARIAS, J. C. SPBIM. **O que é BIM 3D?**, 2020. Disponivel em: <https://spbim.com.br/bim-3d/>. Acesso em: 23 Janeiro 2022.

FARIAS, J. C.; RAYHANE, S. SPBIM - Arquitetura digital. **A história do BIM**, 2021. Disponivel em: <https://spbim.com.br/a-historia-do-bim/>. Acesso em: 12 novembro 2021.

GALLI, G. ICMQ certifica Building Information Modeling. **Bimportale - digital construction**, 2017. Disponivel em: <https://www.bimportale.com/icmq-certifica-building-information-modeling/>. Acesso em: 07 Novembro 2021.

GARIBALDI, C. B. Sienge Plataforma. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM**, 2020. Disponivel em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 23 Janeiro 2022.

GOMES, D. L. Trabalho de Conclusão de Curso. **Compatibilização de Projetos BIM**, p. 9, 04 Dezembro 2020. Disponivel em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/212>. Acesso em: 06 Janeiro 2022. PUC GOIÁS.

GONÇALVES, F. Mais engenharia. **BIM Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**, 2017. Disponivel em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 21 Janeiro 2022.

GONZAGA, A. Papo de Engenheiro. **Decreto BIM - Tudo que você precisa saber para 2021**, 2021. Disponivel em: <https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/decreto-bim-tudo-que-voce-precisa-saber-para-2021/>. Acesso em: 15 Novembro 2021.

GONZAGA, A. Papo de Engenheiro. **NBR 15965:** entenda como funciona a norma BIM no Brasil, 2021. Disponivel em: <https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/nbr-15965/>. Acesso em: 30 Julho 2022.

GPSKAL. Blog - Notícias e informações sobre engenharia, arquitetura, projetos e tecnologia. **Compatibilização de projetos - Qual a sua importância?**, 2017. Disponivel em: <http://www.gpskal.com.br/blog/importancia-da-compatibilizacao-de-projetos/>. Acesso em: 09 Julho 2022.

GUALBERTO, E. GERÊNCIA DE OBRAS. **Quanto se gasta em cada etapa da obra? Qual é a fase mais cara?**, 2021. Disponivel em: <https://gerenciadeobras.com.br/quanto-se-gasta-em-cada-etapa-da-obra/>. Acesso em: 09 julho 2022.

IBEC. IBEC INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS. **A tecnologia BIM 3D e sua aplicação na engenharia**, 2021. Disponivel em: <https://ibecensino.org.br/blog/bim-3d/>. Acesso em: 23 Janeiro 2022.

INBEC. INBEC Pós-Graduação. **Uso do BIM será obrigatório a partir de 2021 nos projetos e construções brasileiras**, 2020. Disponivel em: <https://inbec.com.br/blog/uso-bim-sera-obrigatorio-partir-2021-projetos-construcoes-brasileiras>. Acesso em: 14 Novembro 2021.

JÚNIOR, G. Mais Engenharia. **Os processos de compatibilização de projetos na construção civil e o BIM**, 2019. Disponivel em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil-e-o-bim/>. Acesso em: Julho 31 2022.

JÚNIOR, J. G. D. S. **Metodologia BIM 4D aplicada ao planejamento e controle de obra em uma estação de tratamento de água.**, p. 63, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas - Campus do Sertão. Delmiro Gouveia - AL, 2017.

LEE, A. et al. nD modelling road map : A vision for nD-Enabled construction. **University of Salford**, Manchester, p. 109, 2005. Disponivel em: <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/35972>. Acesso em: 20 Novembro 2021.

LIMA, J. P. M. D. **OS BENEFÍCIOS DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO. ESTUDO DE CASO: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE - CE.**, p. 51, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Cariri - URCA, Juazeiro do Norte - CE, 2017.

LIRA, D. O. **Os benefícios da metodologia BIM para pequenas obras**, p. 46, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). João Pessoa-PB, 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com uso do BIM**, p. 343, 2013. Tese (Doutourado em Engenahria de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2013.

MARIANO, A. D. C. **Aplicação e Análise da utilização do softwere ebereick em um projeto residencial popular**, p. 82, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade

Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Guaratinguetá. Guaratinguetá - SP, 2015.

MARQUES, R. Instituto Brasileiro de Coaching (IBC). **ENTENDA O CONCEITO DE INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS E SUA UTILIDADE PARA UMA EMPRESA**, 2021. Disponivel em: <https://www.ibccoaching.com.br/portal/entenda-o-conceito-de-interoperabilidade-entre-sistemas-e-sua-utilidade-para-uma-empresa/>. Acesso em: 20 Julho 2022.

MARTINS, D. A.; RODRIGUES JUNIOR, A. S. Análise da Comparativa da Utilização da Tecnologia BIM em Projeto de Residências Unifamiliares. **TECCEN**, Vassouras, v. 12, n. 2, p. 9, Jul/Dez 2019.

MENEZES, G. L. B. B. D. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Natal-RN, v. 18, n. 22, p. 20, 2011.

MOHR, M. Mais Engenharia. **Primeira norma de BIM no Brasil – ABNT NBR 15965**, 2020. Disponivel em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/sem-categoria/primeira-norma-de-bim-no-brasil-abnt-nbr-15965/#:~:text=A%20norma%20ABNT%20NBR%2015965&text=%C3%89%20a%20partir%20de%20um,ciclo%20de%20vida%20da%20obra.>. Acesso em: 30 Julho 2022.

MUNIZ ,. IPOG Blog. **Conheça o MS Project:** uma ferramenta de gestão de projetos capaz de otimizar processo, 2019. Disponivel em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/ms-project/>. Acesso em: 17 Janeiro 2022.

NABHAN, R. F. T. **Integração de projetos utilizando a plataforma BIM**, p. 23, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. UNICESMAR - Centro Universitário de Maringá. Maringá-PR, 2018.

ONEDA, G. F. L. BIM Information. **Normas Técnicas de BIM – Convenio ABDI-ABNT**, 2017. Disponivel em: <https://biminformation.wordpress.com/2017/10/25/normas-tecnicas-convenio-abdi-abnt/>. Acesso em: 14 Novembro 2021.

PEDROZO, R. Fastenge Fundações. **CUSTOS DAS ETAPAS NA CONSTRUÇÃO**, 2018. Disponivel em: <https://fastenge.com.br/custos-das-etapas-na-construcao/#:~:text=O%20seu%20custo%20na%20obra,muitas%20vezes%20de%20maneira%20irrevers%C3%ADvel.>. Acesso em: 09 Julho 2022.

RIBEIRO, M. Mais Controle. **Dimensões do BIM:** será que ele é realmente um software?, 2020. Disponivel em: <https://maiscontroleerp.com.br/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 05 Janeiro 2022.

RIBEIRO, P. J. D. A.; SOUZA , S. E. M. D. D.; ALBINO, L. G. Importância da Compatibilização de Projetos na Engenharia. **PMKB - Project Management Knowledge Base**, Belo Horizonte/MG, Dezembro 2015. Disponivel em: <https://pmkb.com.br/artigos/importancia-da-compatibilizacao-de-projetos-na-engenharia/>. Acesso em: 09 Julho 2022.

SAKAMORI, M. **Modelagem 5D (BIM) Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.**, p. 180, 2015. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2015.

SANTOS, P. D. D. **Compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM (Building Information Modeling)**, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. Injuí, 2015.

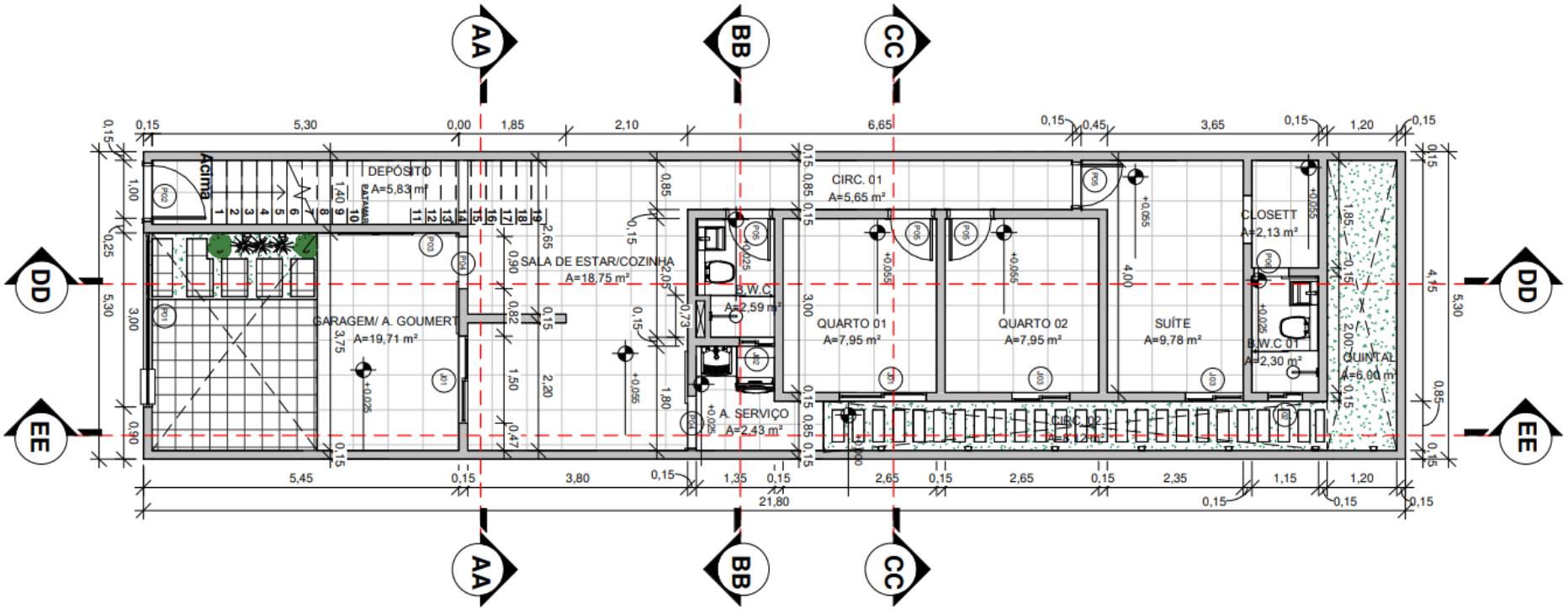
SESC. **Sesc Petrolina**, 2016. Disponivel em: <https://www.sescpe.org.br/unidades/sesc-petrolina/>. Acesso em: 15 Abril 2022.

SINDUSCON/PE. Sindicato da Industria da Construção Civil no Estado de Pernambuco. **CUB - Custo Unitário Básico**, 2022. Disponivel em: <http://www.sindusconpe.com.br/servicos/cub>. Acesso em: 09 Julho 2022.

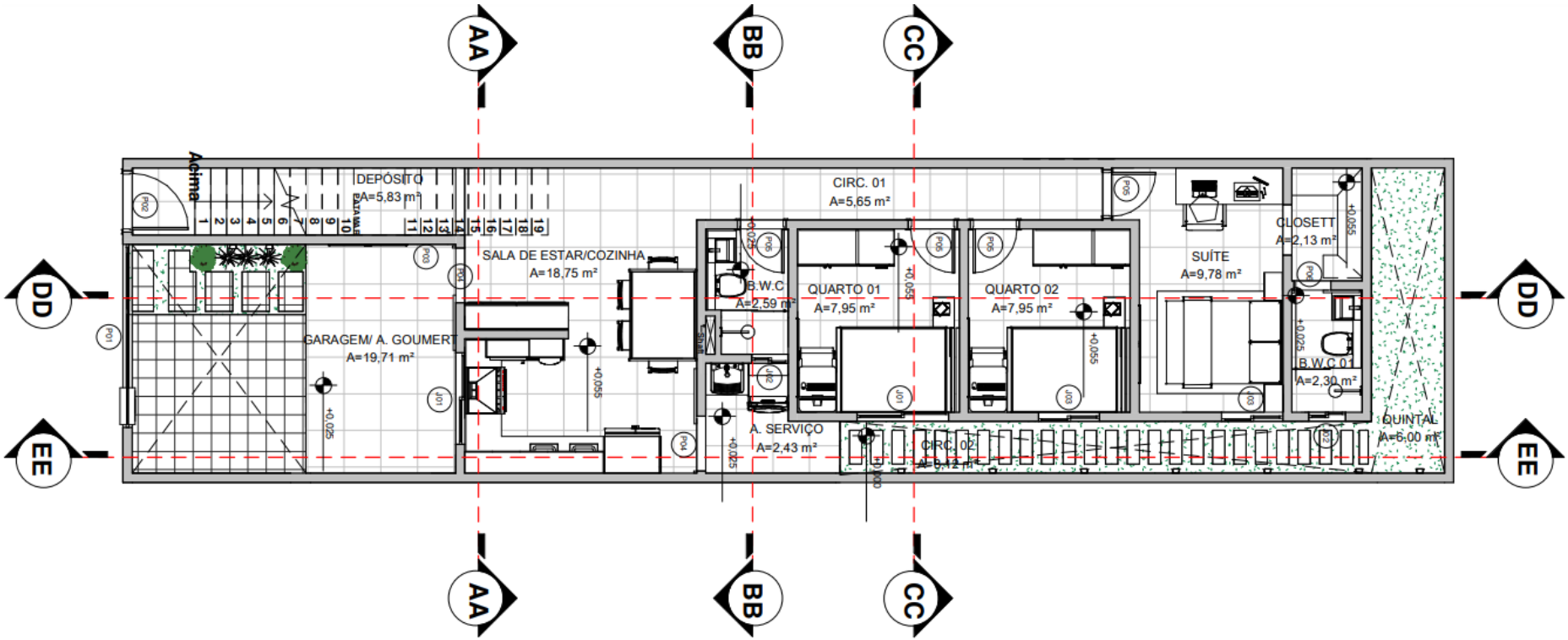
UNIÃO, D. O. D. Governo do Brasil. **DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020**, Brasília, 2020. Disponivel em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 15 Novembro 2021.

ZACCARI, R. Revit Templeate. **BIM 3D ao 7D**, 2018. Disponivel em: <https://revittemplate.com.br/bim/bim-3d-ao-7d/>. Acesso em: 05 Janeiro 2022.

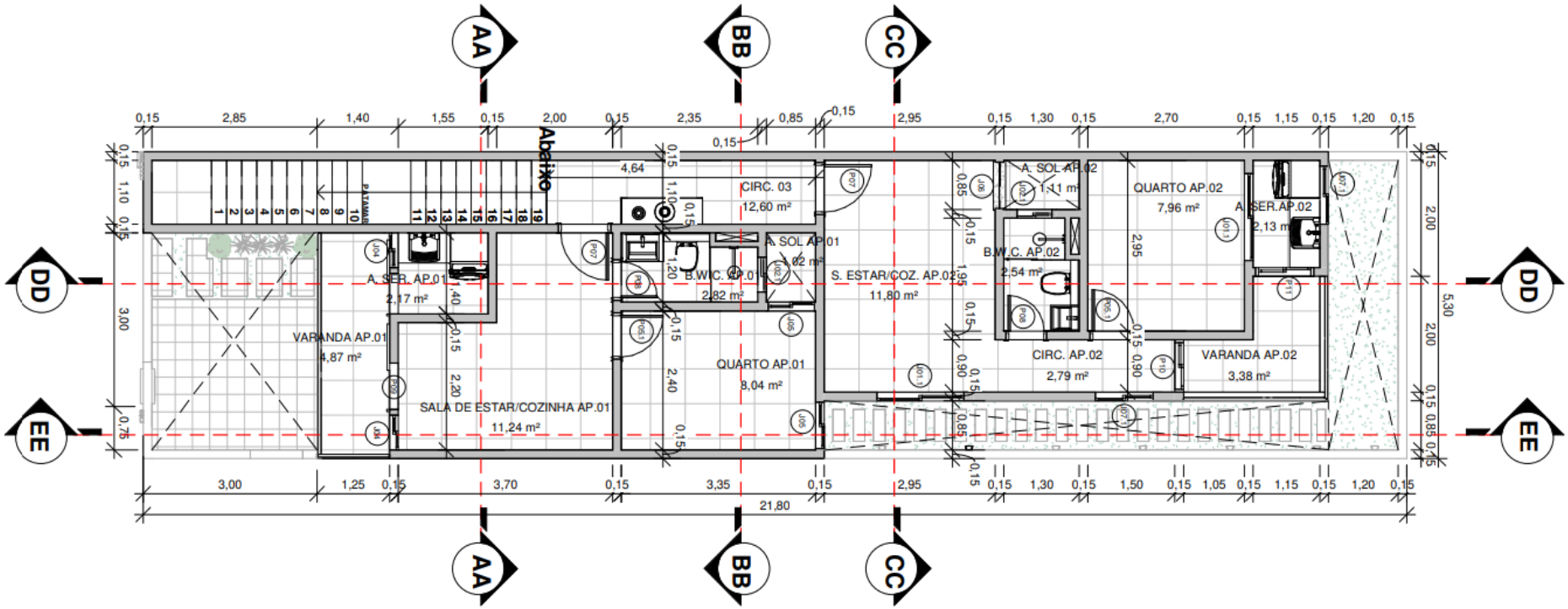
**APÊNDICE A – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. TÉRREO (EXECUTIVA).**



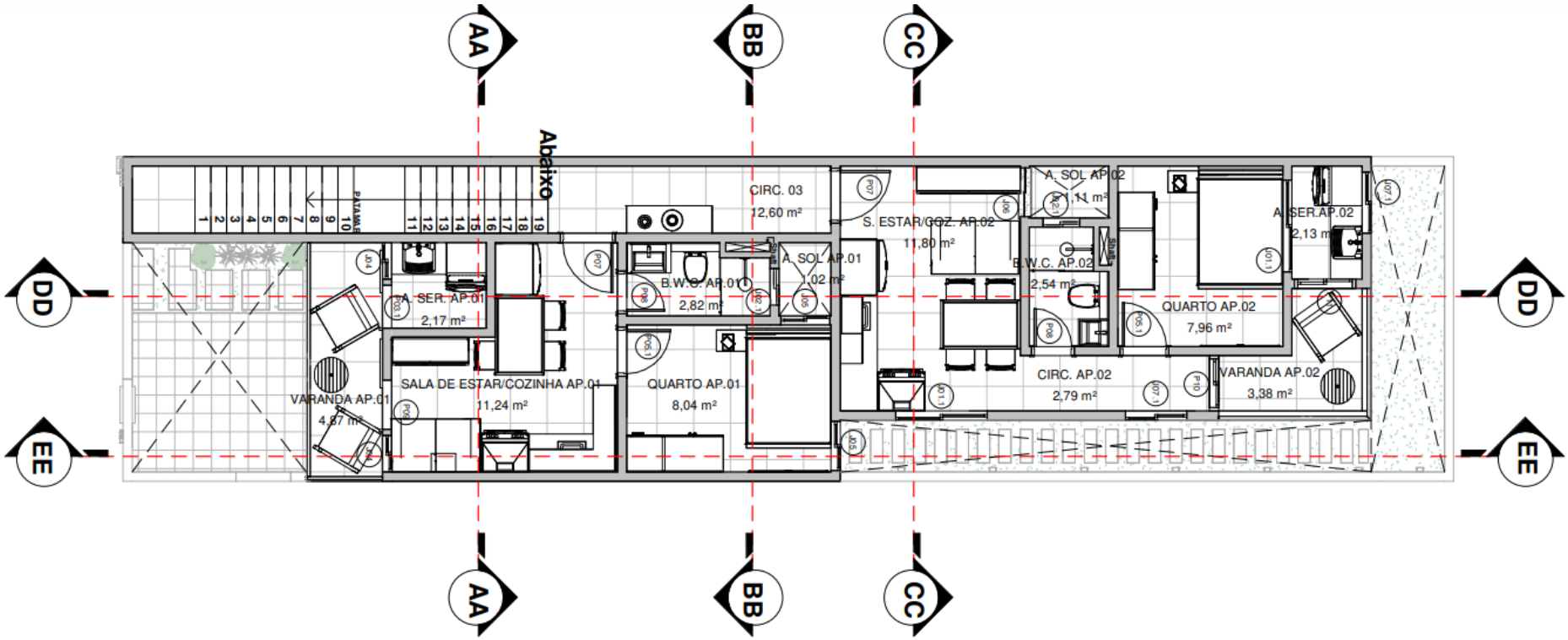
# APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. TÉRREO (LAYOUT).



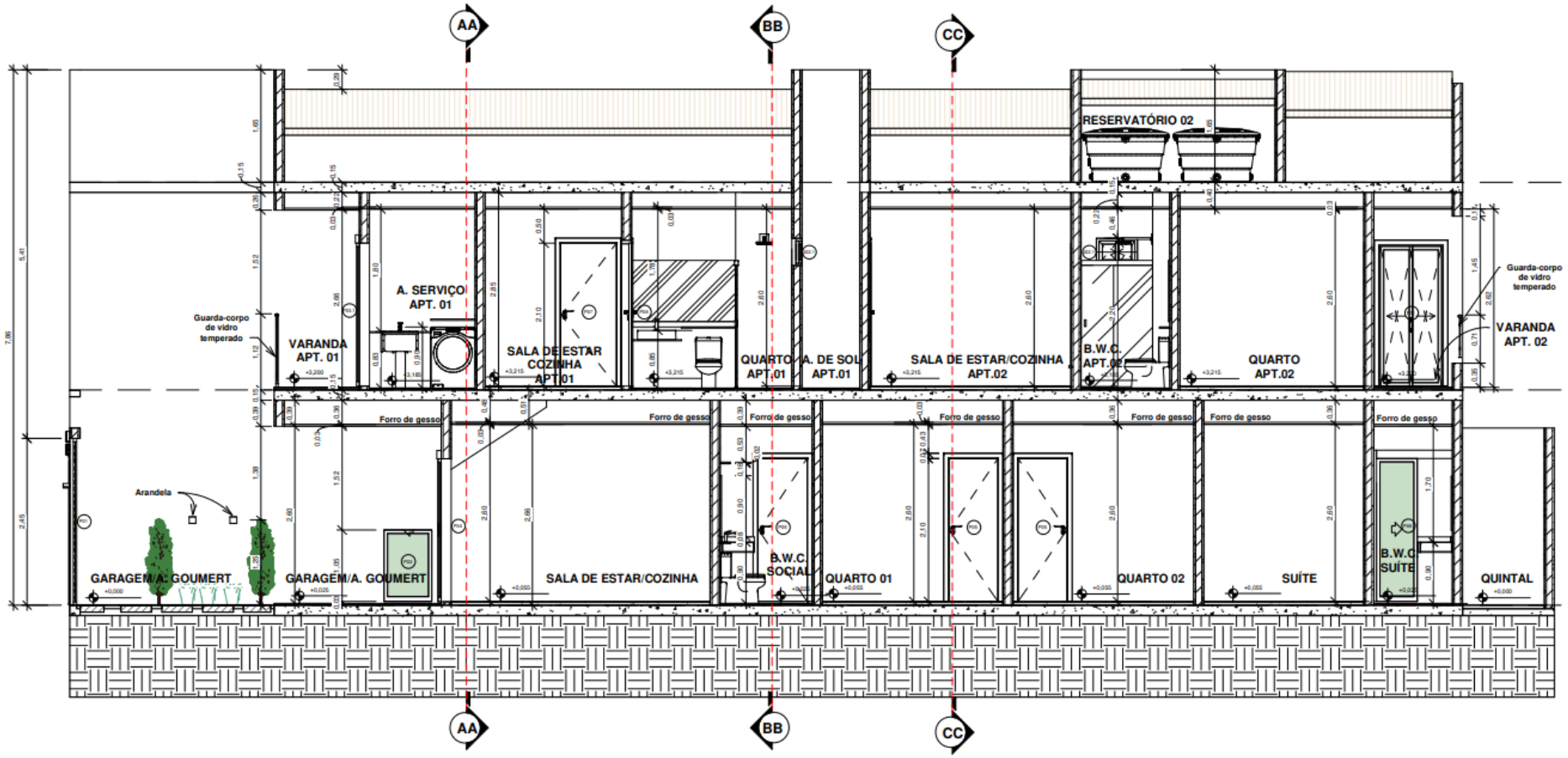
**APÊNDICE C – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. SUPERIOR (EXECUTIVA).**



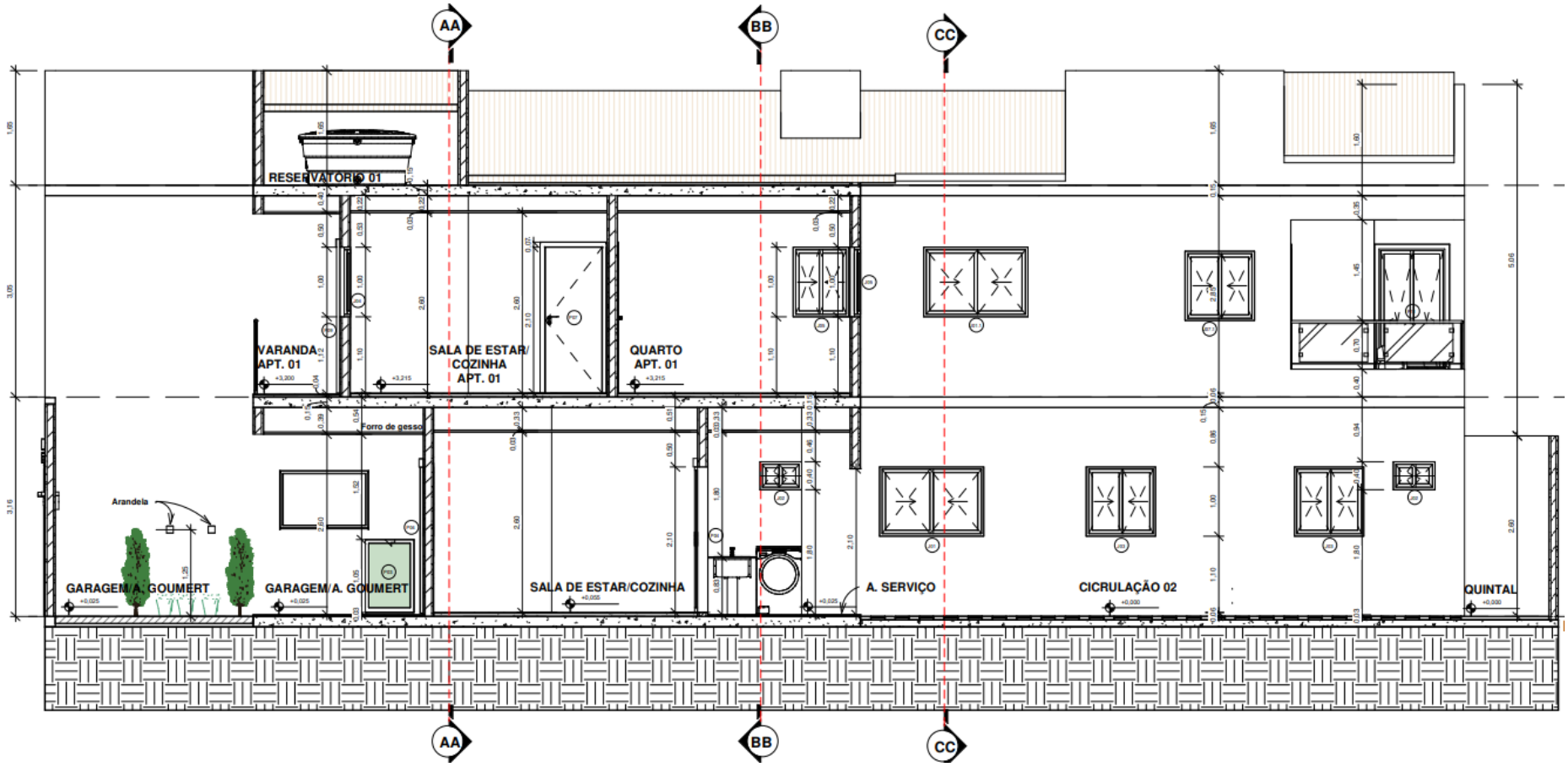
# APÊNDICE D – PROJETO ARQUITETÔNICO – PAV. SUPERIOR (LAYOUT).



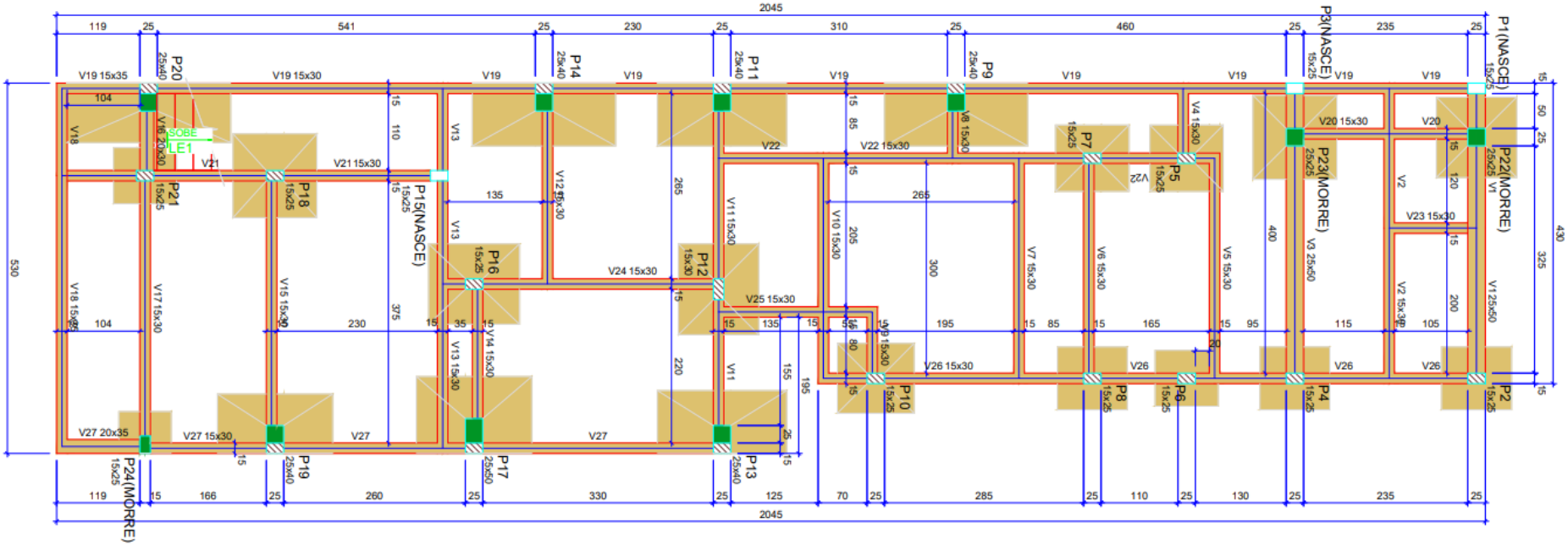
# APÊNIDCE E – PROJETO ARQUITETÔNICO (CORTE DD).



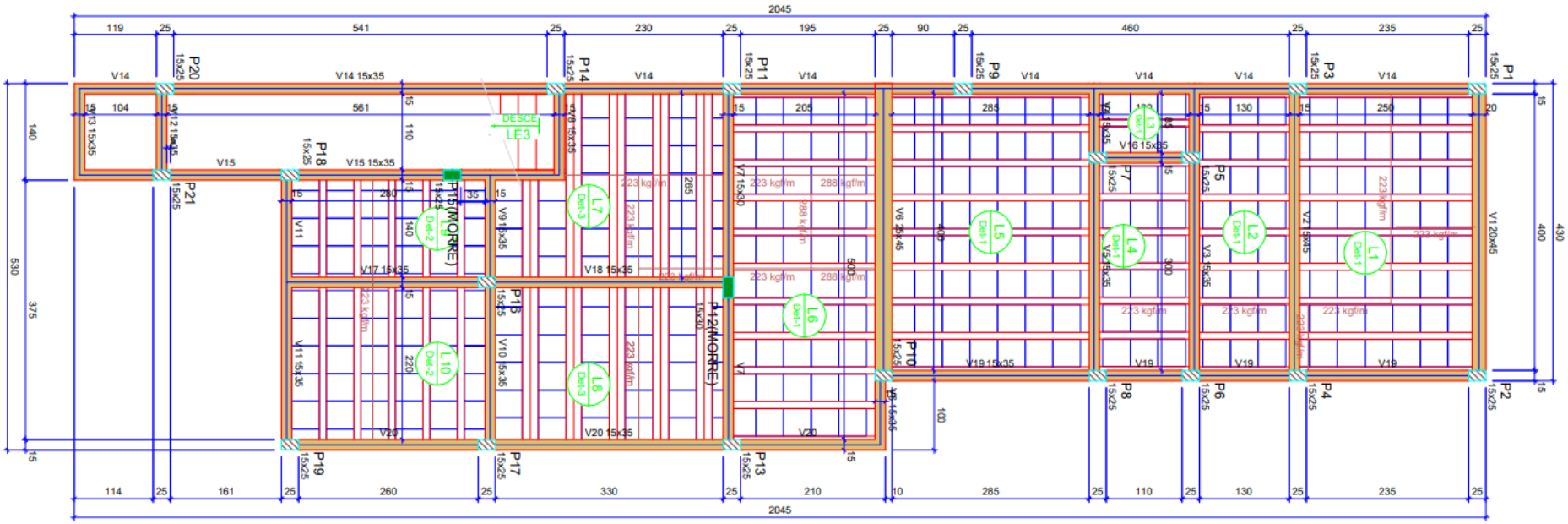
# APÊNDICE F – PROJETO ARQUITETÔNICO (CORTE EE).



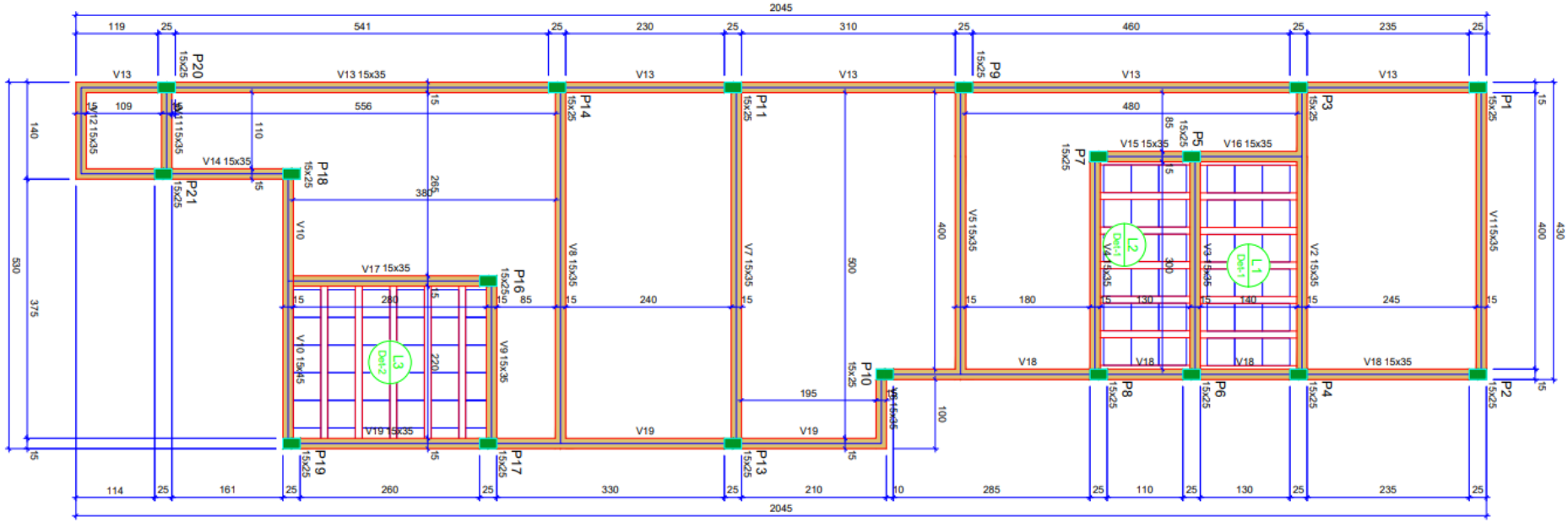
# APÊNDICE G – PROJETO ESTRUTURAL (PAV. TÉRREO).



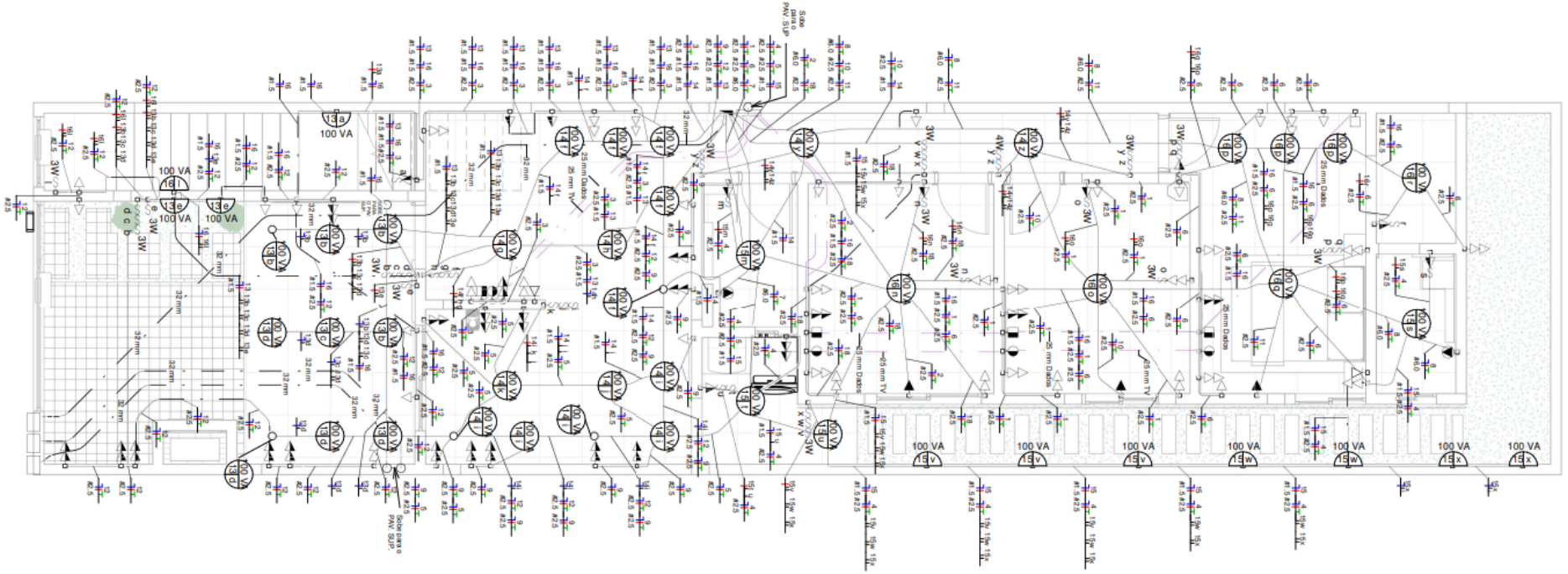
# APÊNDICE H – PROJETO ESTRUTURAL (PAV. SUPERIOR).



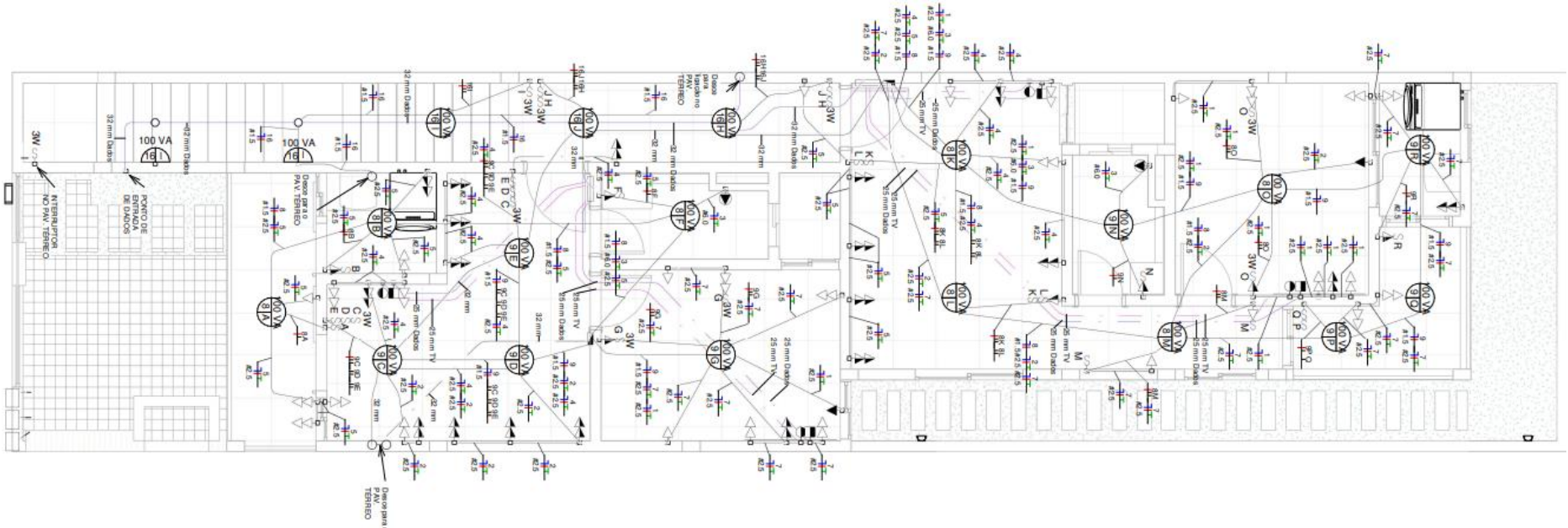
# APÊNDICE I – PROJETO ESTRUTURAL (COBERTA).



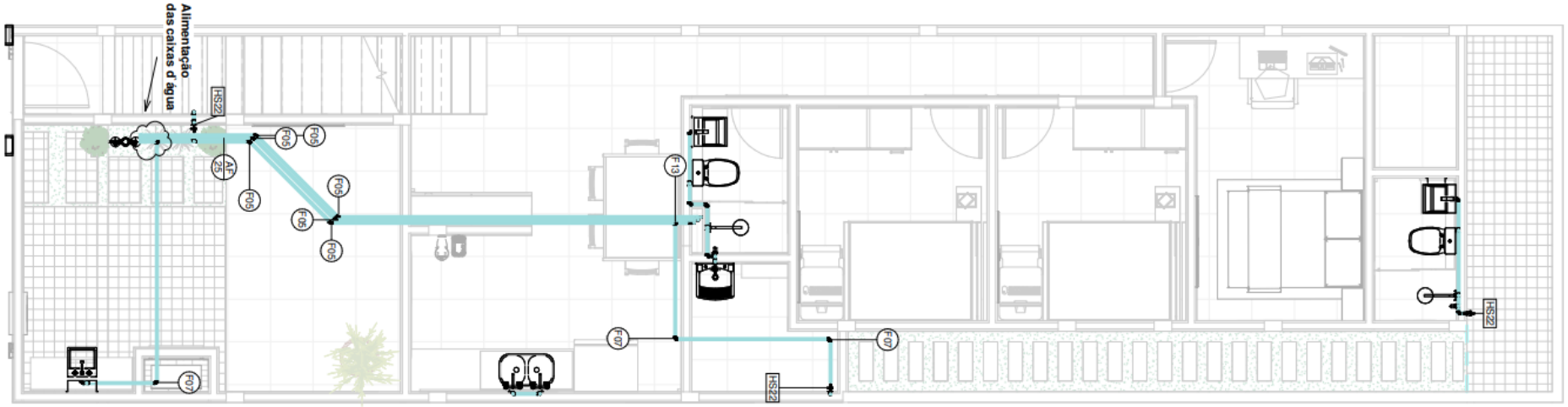
# APÊNDICE J – PROJETO DE INST. ELÉTRICAS (PAV. TÉRREO).



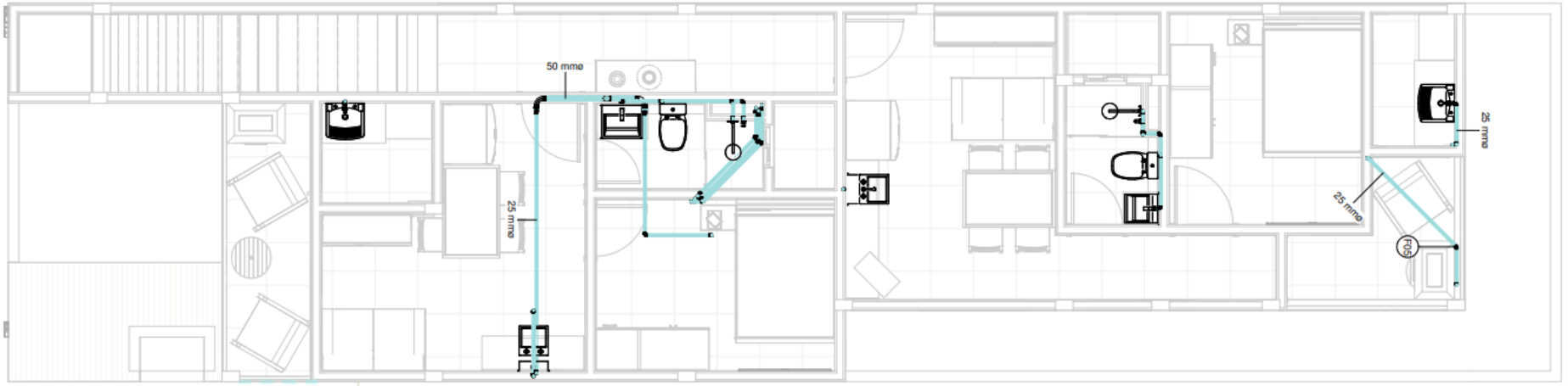
# APÊNDICE K – PROJETO DE INST. ELÉTRICAS (PAV. SUPERIOR).



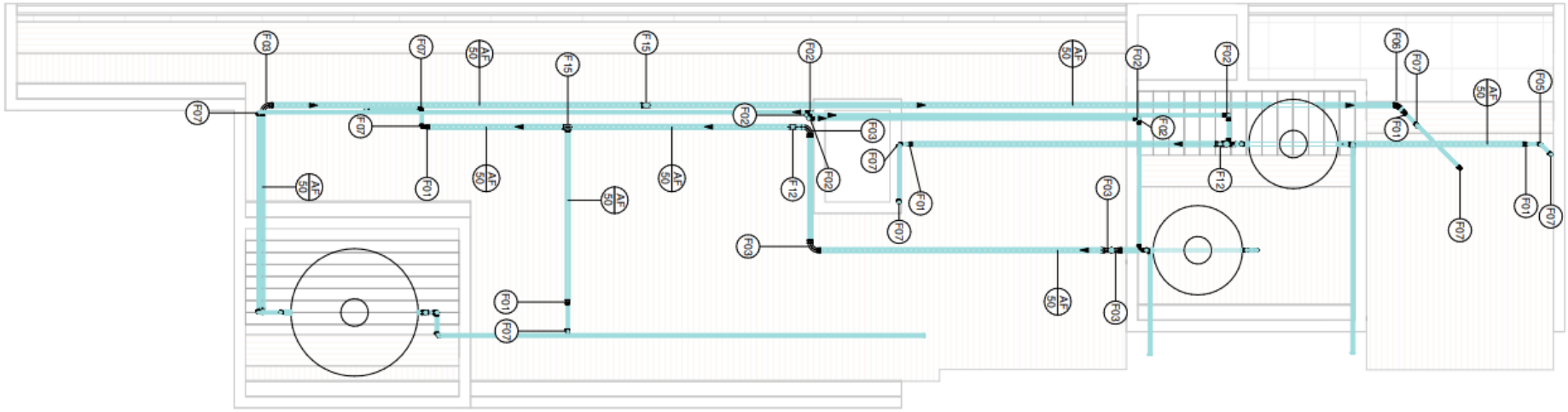
**APÊNDICE L – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS - ÁGUA FRIA (PAV. TÉRREO).**



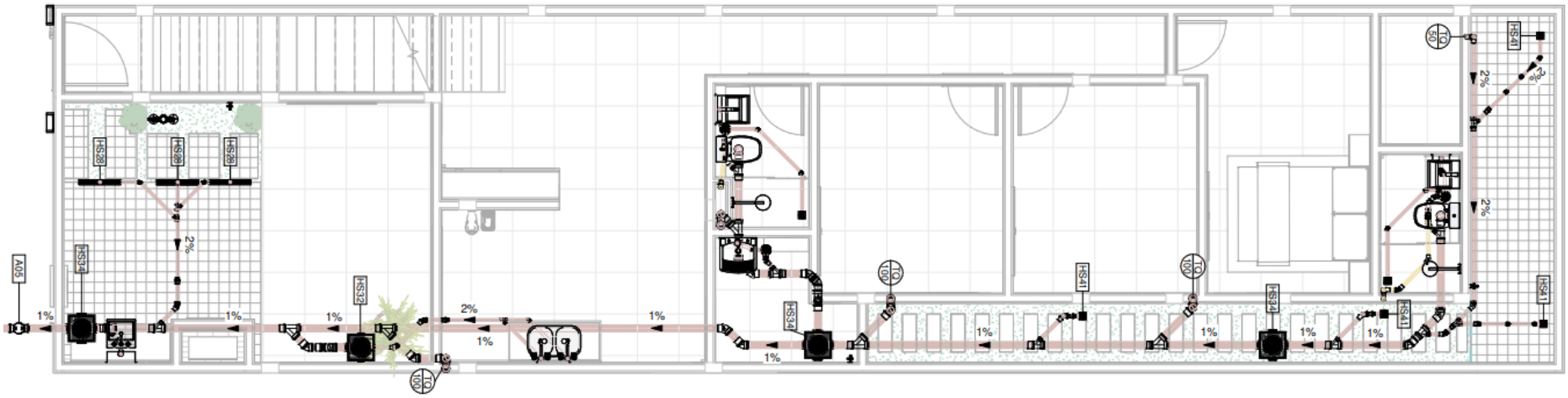
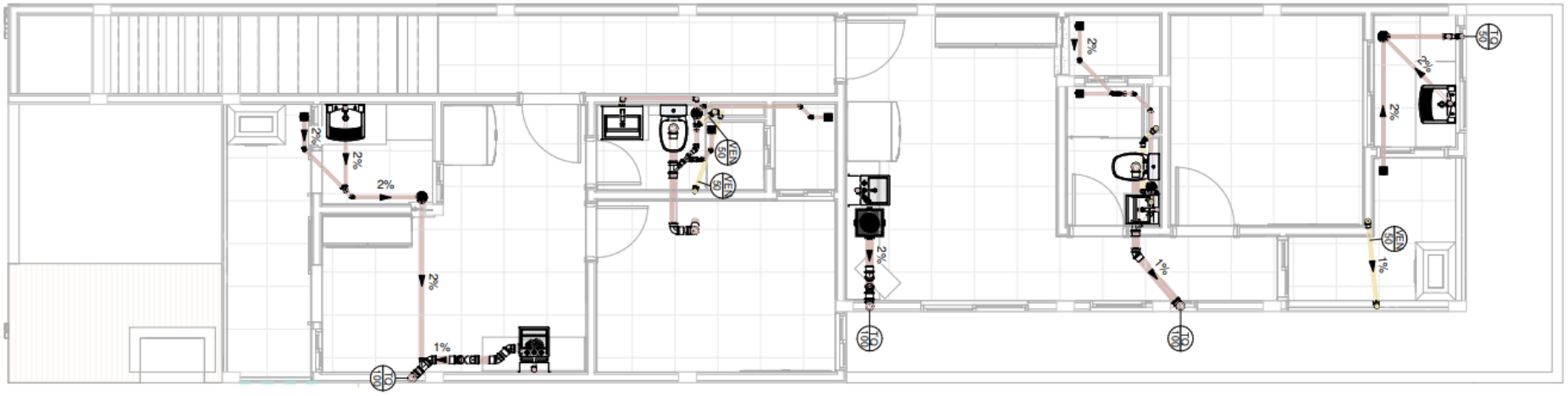
**APÊNDICE M – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS - ÁGUA FRIA (PAV. SUPERIOR).**



**APÊNDICE N – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS - ÁGUA FRIA (COBERTA).**



**APÊNDICE O – PROJETO DE INST. HIDROSSANITÁRIAS (ESGOTO) – PAV. TÉRREO.**



**APÊNDICE P – PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS (ESGOTO) – PAV. SUPERIOR.**