

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ELOISA APARECIDA SALVADOR MARQUES

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMO ETAPA ESSENCIAL NA
CONCEPÇÃO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL E AS
PATOLOGIAS RELACIONADA AO SISTEMA**

**Ilha Solteira - SP
2026**



ELOISA APARECIDA SALVADOR MARQUES

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMO ETAPA ESSENCIAL NA
CONCEPÇÃO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL E AS
PATOLOGIAS RELACIONADA AO SISTEMA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira,
para obtenção do título de Grau acadêmico
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

Ilha Solteira - SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M357c Marques, Eloisa Aparecida Salvador.
Compatibilização de projetos como etapa essencial na concepção de edifícios em alvenaria estrutural e as patologias relacionada ao sistema / Eloisa Aparecida Salvador Marques. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
129 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2026

Orientador: Jorge Luís Akasaki

Inclui bibliografia

1. Compatibilização de projetos. 2. Alvenaria estrutural. 3. Manifestações
patológicas. 4. Coordenação modular. 5. Desempenho de edificações.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluna: ELOISA APARECIDA SALVADOR MARQUES

Titulo: COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMO ETAPA ESSENCIAL NA
CONCEPÇÃO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL E AS
PATOLOGIAS RELACIONADA AO SISTEMA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia
Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luis Akasaki Sousa
(Orientador)

Marcelo Bortoletto

Prof. Dr. Marcelo Bortoletto

(Examinador)

THIAGO

FRANCISCO SILVA

TRENTIN:34177900

850

Eng. Msc. Thiago Francisco Silva Trentin

(Examinador)

Assinado de forma digital
por THIAGO FRANCISCO
SILVA

TRENTIN:34177900850

Dados: 2026.05.18 11:32:09
-03'00'

Ilha Solteira

18/05/2026

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que, em Sua infinita graça me sustentou até aqui, me deu força e a oportunidade de realizar meu sonho.

Agradeço aos meus pais, Cleberson e Elaine, não há palavras que sejam suficientes para expressar minha gratidão. São meu alicerce, porto seguro, exemplo diário de força e dedicação. Nunca mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui, sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu mesma duvidei. Foram vocês que me ensinaram o valor da educação e da persistência. Tudo o que sou hoje carrega um pedaço de vocês.

Aos meus familiares, em especial, meus tios Liliani e Elsinho, meu primo Pedro e meus avós Maria, Cida e Gilmar, agradeço por todo amor, incentivo e apoio ao longo da minha vida. Cada palavra de encorajamento e cada gesto de carinho foram essenciais para que eu seguisse em frente. Em especial, aos meus avós Maria e Gilmar, que já não estão aqui fisicamente, mas permanecem vivos em tudo o que sou. Vocês me viram começar essa jornada, e gostaria de poder compartilhar esse momento com vocês, mas sigo com a certeza de que, de alguma forma, estiveram comigo em cada passo até aqui.

Ao meu namorado, Vítor, agradeço por caminhar ao meu lado durante toda essa trajetória. Obrigada por estar sempre ao meu lado, por compreender minhas ausências, por acolher meus momentos de cansaço, estresse e insegurança.

Aos meus amigos Eduarda, Mariely, Eloisa e Augusto, minha gratidão por todo companheirismo, paciência e compreensão. Obrigada por permanecerem, mesmo quando eu precisei me afastar, a amizade de vocês tornou essa caminhada mais leve e mais bonita.

Por fim, agradeço à UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, lugar onde vivi muito mais do que uma formação acadêmica. Aqui cresci, me descobri, enfrentei desafios e construí memórias que levarei para a vida toda. Sou profundamente grata pelos ensinamentos dos professores, mestres e doutores, em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki, pela orientação ao longo deste trabalho e da faculdade.

"O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia." (Robert Collier, 1885–1950)

RESUMO

No processo de desenvolvimento de projetos na construção civil, diferentes disciplinas são envolvidas, tornando necessária a compatibilização entre elas para garantir a coerência das soluções adotadas. Em sistemas construtivos como a alvenaria estrutural, essa etapa torna-se ainda mais relevante, uma vez que as paredes exercem função estrutural e apresentam maior atenção a interferências não previstas. A ausência de compatibilização adequada pode resultar em inconsistências entre projetos, impactando a execução da obra e favorecendo o surgimento de manifestações patológicas. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar o processo de compatibilização de projetos em edificações em alvenaria estrutural, por meio de um estudo de caso, com foco na identificação das principais incompatibilidades entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, bem como sua relação com possíveis patologias do sistema. Para isso, foi realizada a análise comparativa dos projetos nas fases de estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo, por meio de sobreposição em ambiente bidimensional e avaliação manual das interferências. Foram identificadas incompatibilidades relacionadas à coordenação modular, ao dimensionamento e posicionamento de aberturas e às interferências entre os sistemas estruturais e de instalações. Os resultados obtidos indicam que as incompatibilidades entre projetos podem gerar a necessidade de adaptações em obra, como cortes em blocos e ajustes não previstos, comprometendo o desempenho do sistema e contribuindo para o surgimento de patologias, como fissurações e problemas de estanqueidade. Observou-se ainda que, com o avanço das etapas de projeto e a incorporação das diretrizes de compatibilização, há uma redução significativa dessas interferências. Dessa forma, a compatibilização de projetos mostra-se essencial para a melhoria da qualidade construtiva, redução de retrabalhos e garantia do desempenho das edificações em alvenaria estrutural.

Palavras-chave: compatibilização de projetos; alvenaria estrutural; manifestações patológicas; coordenação modular; desempenho de edificações.

ABSTRACT

In the process of developing construction projects, different disciplines are involved, making project coordination essential to ensure consistency among the adopted solutions. In structural masonry systems, this stage becomes even more critical, since the walls perform a structural function and are more attention to unplanned interferences. The lack of proper coordination may result in inconsistencies between projects, affecting construction execution and contributing to the occurrence of pathological manifestations. Thus, this study aims to analyze the project coordination process in structural masonry buildings through a case study, focusing on identifying the main incompatibilities among architectural, structural, and building services designs, as well as their relationship with potential pathologies of the system. To achieve this, a comparative analysis of the projects was carried out in the preliminary design, design development, and executive design phases, using two-dimensional (2D) overlay and manual evaluation of interferences. Incompatibilities related to modular coordination, dimensioning and positioning of openings, and conflicts between structural and building systems were identified. The results indicate that these incompatibilities may lead to on-site adaptations, such as block cutting and unplanned adjustments, compromising system performance and contributing to pathological manifestations, such as cracking and waterproofing issues. It was also observed that, as the design process evolves and coordination guidelines are incorporated, there is a significant reduction in these interferences. Therefore, project coordination proves to be essential for improving construction quality, reducing rework, and ensuring the performance of structural masonry buildings.

Keywords: project coordination; structural masonry; pathological manifestations; modular coordination; building performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes da Alvenaria Estrutural.....	23
Figura 2 - Blocos de Sílico-calcários	24
Figura 3 - Blocos Cerâmico	24
Figura 4 - Blocos de Concreto.....	25
Figura 5 - Variações de Espessura das Juntas Verticais	29
Figura 6 - Grauteamento na alvenaria estrutural.....	30
Figura 7 - Armaduras na alvenaria estrutural	31
Figura 8 - Verga e Contraverga.....	32
Figura 9 - Cinta de amarração	33
Figura 10 - Junta de dilatação	34
Figura 11 - Junta de dilatação vista em planta.....	35
Figura 12 - Locais mais indicados para as juntas especificadas	35
Figura 13 - Junta a prumo	38
Figura 14 - Junta amarrada.....	38
Figura 15 - Amarração direta	39
Figura 16 - Amarração indireta.....	39
Figura 17 - Visão geral das possibilidades de conexão entre as paredes.....	40
Figura 18 - Representação da instalação elétrica em parede estruturais	42
Figura 19 - Blocos especiais para instalações elétricas	43
Figura 20 - Agrupamento de áreas úmidas no apartamento	44
Figura 21 - Representação da utilização de parede de vedação hidráulica	44
Figura 22 - Instalação hidráulica embutida na laje e shaft	45
Figura 23 - Detecção gráfica de conflitos: sobreposição de projetos estrutural e elétrico.....	47
Figura 24 - Configuração das fissuras na alvenaria estrutural	54

Figura 25 - Fissurações verticais.....	55
Figura 26 - Formas de fissuras verticais.	56
Figura 27 - Formas horizontal devida sobrecarga vertical e/ou flexocompressão.....	56
Figura 28 - Formas horizontal devida movimentação térmica da laje.	57
Figura 29 - Fissuras em alvenaria estrutural por recalques diferenciados.	58
Figura 30 - Fissuras em alvenaria estrutural por fundação flexível.	58
Figura 31 - Fissuras típicas localizados nos cantos de abertura devida sobrecarga.	59
Figura 32 - Caminho preferencial das fissuras devida fragilidade por vãos.	59
Figura 33 - Fissuras devida falta de amarração entre paredes	60
Figura 34 - Escoamento inadequado da água	61
Figura 35 - Deslocamento do revestimento.....	61
Figura 36 - Deslocamento do revestimento externo.....	62
Figura 37 - Eflorescência em bloco de concreto	62
Figura 38 - Blocos rasgados	63
Figura 39 - Blocos defeituosos.....	63
Figura 40 - Comparativo do Hall entre pavimentos	70
Figura 41 - Sobreposição da planta arquitetônica e projeto estrutural inicial com ajustes modulares do hall do térreo	71
Figura 42 - Sobreposição da planta arquitetônica e projeto estrutural inicial com ajustes modulares do hall do tipo	72
Figura 43 - Sobreposição da planta arquitetônica e projeto estrutural inicial com ajustes modulares do apartamento	72
Figura 44 - Abertura de acesso ao edifício no projeto arquitetônico	74
Figura 45 - Posicionamento inadequado da abertura do hall do térreo.....	74
Figura 46 - Solução adotada para modulação na abertura do hall do térreo	74

Figura 47 - Sobreposição para comparação entre a planta arquitetônica e a planta estrutural na fase de anteprojeto.....	80
Figura 48 - Sobreposição para comparação entre a planta arquitetônica e a planta estrutural do hall do pavimento térreo na fase de anteprojeto.....	81
Figura 49 - Sobreposição para comparação entre a planta arquitetônica e a planta estrutural do hall do pavimento tipo na fase de anteprojeto	81
Figura 50 - Recorte da sobreposição das plantas de anteprojeto no acesso ao hall no pavimento térreo	82
Figura 51 - Recorte da sobreposição das plantas de anteprojeto no acesso ao hall no pavimento tipo	82
Figura 52 - Sobreposição entre a planta arquitetônica e estrutural do hall do pavimento térreo na fase de projeto executivo	83
Figura 53 - Sobreposição entre a planta arquitetônica e estrutural do hall do pavimento tipo na fase de projeto executivo.....	84
Figura 54 - Sobreposição entre a planta arquitetônica e estrutural do pavimento tipo na fase de projeto executivo.....	84
Figura 55 - Tabelas de esquadrias presente no projeto arquitetônico.....	85
Figura 56 - Sobreposição entre o projeto estrutural e hidrossanitário com foco no apartamento	87
Figura 57 - Sobreposição entre o projeto estrutural e hidrossanitário com foco no hall do pavimento térreo	87
Figura 58 - Nota anexada ao projeto de instalações hidráulicas	88
Figura 59 - Recorte do projeto estrutural com indicação de furos hidráulicos	89
Figura 60 - Sobreposição entre o projeto estrutural e elétrico com foco no apartamento	90

Figura 61 - Sobreposição entre o projeto estrutural e elétrico com foco no hall do pavimento térreo	90
Figura 62 - Ponto elétrico em desaprumo ao septo	91
Figura 63 - Ponto elétrico em desaprumo ao septo e blocos desnecessários	92
Figura 64 - Ponto elétrico em desaprumo ao septo e blocos desnecessários	92
Figura 65 - Ponto elétrico em conflito com graute de amarração da quina de fachada	93
Figura A.1. - Planta do pavimento térreo em Estudo Preliminar	103
Figura A.2. - Planta do pavimento tipo em Estudo Preliminar	103
Figura A.3. - Planta do pavimento térreo em Ante Projeto	104
Figura A.4. - Planta do pavimento tipo em Ante Projeto.....	104
Figura A.6. - Planta do pavimento térreo em Projeto Executivo	105
Figura A.7. - Planta do pavimento tipo em Projeto Executivo	105
Figura B.1. - Planta da 1º fiada do pavimento térreo em Estudo Preliminar	106
Figura B.2. - Planta da 1º fiada do pavimento tipo em Estudo Preliminar	106
Figura B.3. - Planta da 1º fiada do pavimento térreo em Ante Projeto	107
Figura B.4. - Planta da 1º fiada do pavimento tipo em Ante Projeto.....	107
Figura B.5. - Planta da 1º fiada do pavimento térreo em Projeto Executivo	108
Figura B.6. - Planta da 1º fiada do pavimento tipo em Projeto Executivo	108
Figura C.1. - Planta do pavimento térreo em Projeto Executivo.....	109
Figura C.2. - Planta do pavimento tipo em Projeto Executivo	109
Figura D.1. - Planta Alimentadores e Sistemas do pav. térreo em Projeto Executivo	110
Figura D.2. - Planta Alimentadores e Sistemas do pav. tipo em Projeto Executivo	110
Figura D.3. - Planta Iluminação e Tomadas do pav. térreo em Projeto Executivo ..	111

Figura D.4. - Planta Iluminação e Tomadas do pav. tipo em Projeto Executivo	111
Figura D.5. - Legenda da Planta Iluminação e Tomadas	112
Figura E.1. - Recorte da sobreposição de plantas na janela do hall	113
Figura E.2. - Janela do hall no pav. tipo na planta arquitetônica	113
Figura E.3. - Solução estrutural para janela e parede do hall no pav. tipo	113
Figura E.4. - Recorte da sobreposição das plantas na janela da cozinha / área de serviço	114
Figura E.5. - Janela da cozinha / área de serviço na planta arquitetônica	114
Figura E.6. - Solução estrutural para janela da cozinha / área de serviço	114
Figura E.7. - Ambiente da cozinha / área de serviço	115
Figura E.8. - Planta arquitetônica do ambiente da sacada	115
Figura E.9. - Solução inviável sem realização dos ajustes do ambiente da sacada	116
Figura E.10. - Solução estrutural adotada para o ambiente da sacada	116
Figura E.11. - Recorte da sobreposição das plantas na sala de TV	117
Figura E.12. - Ambiente da sala de TV a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	117
Figura E.13. - Recorte da sobreposição das plantas no dormitório 1	118
Figura E.14. - Ambiente dormitório 1 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	118
Figura E.15. - Recorte da sobreposição das plantas no ambiente banho 1	118
Figura E.16. - Ambiente banho 1 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	119
Figura E.17. - Recorte da sobreposição das plantas no ambiente dormitório 2	119
Figura E.18. - Ambiente dormitório 2 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	120

Figura E.19. - Recorte da sobreposição das plantas no ambiente banho 2	121
Figura E.20 - Ambiente banho 2 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	121
Figura E.21. - Recorte da sobreposição das plantas no acesso do apartamento ..	122
Figura E.22. - Acesso ao apartamento a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	122
Figura E.23. - Recorte da sobreposição das plantas na região da escada	123
Figura E.24. - Escada a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada	123
Figura D.1. - Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A106 ..	124
Figura D.2 Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A111	124
Figura D.3Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A126	125
Figura D.4 Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A130	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Blocos de Concreto da Família 14 e 19	26
Quadro 2 - Critérios Classificatórios para Aberturas Lineares (Fissura, Trinca, Rachadura e Fenda) em Estruturas	54
Quadro 3 - Incompatibilidades identificadas e ajustes realizados para adequação modular estrutural do pavimento tipo	75
Quadro 4 - Incompatibilidades identificadas e ajustes realizados para adequação do projeto elétrico.....	93
Quadro 5 - Relação entre incompatibilidades geométricas apresentadas no Quadro 3 e potenciais manifestações patológicas.....	95
Quadro 6 - Relação entre incompatibilidades com instalações e potenciais manifestações patológicas	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo geral	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL	20
2.2 NORMATIZAÇÃO	20
2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO: ALVENARIA ESTRUTURAL.....	21
2.3.1 Componentes	23
2.3.1.1 Bloco	24
2.3.1.2 Junta de argamassa.....	27
2.3.1.3 Graute	29
2.3.1.4 Armadura.....	30
2.3.2 Elementos	31
2.3.2.1 Vergas e Contravergas.....	32
2.3.2.2 Cinta de Amarração.....	33
2.3.2.3 Juntas de Dilatação e Juntas de Controle	33
2.4 PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	36
2.4.1 Modulação.....	36
2.4.1.1 Amarrações	38
2.4.2 Paginações	40
2.4.3 Instalações.....	41
2.4.3.1 Elétrica	41
2.4.3.2 Hidráulica	43
2.5 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	45
2.6 ETAPAS DE PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	48
2.6.1 ESTUDO PRELIMINAR.....	49
2.6.2 Anteprojeto	50
2.6.3 Projeto Executivo	51
2.7 PATOLOGIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL	52

2.7.1 Fissuras.....	53
2.7.1.1 Fissuras Verticais	55
2.7.1.2 Fissuras Horizontais	56
2.7.1.3 Fissuras Inclínadas.....	57
2.7.1.3.1 Fissuras Inclínadas por Recalque Diferenciados	57
2.7.1.3.2 Fissuras Inclínada por Concentração de Tensões em Aberturas	58
2.7.1.4 Fissuras devido a modulação.....	59
2.7.2 Infiltração e problemas de Estanqueidade.....	60
2.7.3 Materiais e execução na obra.....	62
2.7.4 Relação entre Patologias e Compatibilização	63
3 MATERIAL E MÉTODOS	64
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	64
3.2 MATERIAIS	65
3.3 MÉTODOS	65
3.3.1 Estudo Teórico	65
3.3.2. Caracterização do Empreendimento	66
3.3.3 Processo de Compatibilização.....	66
3.3.4 Parâmetros adotados para modulação	68
3.3.5 Incompatibilidades e possíveis patologias.....	69
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	69
4.1.1 Compatibilização entre Projeto Arquitetônico e Estrutural em fase de Estudo Preliminar.....	69
4.1.1.1 Compatibilização dos parâmetros geométricos globais.....	70
4.1.1.2 Compatibilização Dimensional: Adequação das dimensões arquitetônicas à coordenação modular.....	71
4.1.2 Compatibilização entre Projeto Arquitetônico e Estrutural em fase de Ante Projeto.....	79
4.1.3 Compatibilização entre projeto na fase de projeto executivo	83
4.1.3.1 Compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural.....	83
4.1.3.2 Compatibilização entre projeto estrutural e hidráulico	86
4.1.3.3 Compatibilização entre projeto estrutural e elétrico.....	89
4.2. PATOLOGIAS RELACIONADAS A COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS REALIZADA	94

5 CONCLUSÃO	98
6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	99
REFERÊNCIAS.....	100
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO	103
ANEXO B – PROJETO ESTRUTURAL.....	106
ANEXO C – PROJETO HIDRÁULICO	109
ANEXO D – PROJETO ELÉTRICO	110
ANEXOS E – IMAGENS DAS INCOMPATIBILIDADES E AJUSTES NA COMPATIBILIZAÇÃO DIMENSIONAL ENTRE PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO TIPO	113
ANEXOS F – IMAGENS DAS INCOMPATIBILIDADES E AJUSTES NA COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETO ESTRUTURAL E ELÉTRICO.....	124

1 INTRODUÇÃO

A construção civil representa um dos setores da economia brasileira com grande relevância para a economia, segundo o CBIC (2025), no primeiro trimestre de 2025 ocorreu um crescimento de 1,8% no PIB comparado ao mesmo período de 2024. Por ser um setor com grande incentivo econômico, a área sofre avanços tecnológicos constantemente, o que faz com que o mercado de construção de edificações exija, cada vez mais, soluções estruturais racionalizadas que proporcionem qualidade, eficiência e custo-benefício.

Com isso, a solução de edifícios em alvenaria estrutural vem ganhando ainda mais espaço e crescendo diariamente no mercado, visto que possui custo reduzido e uma execução mais ágil comparada com os métodos convencionais (Bordin, 2010). Porém, a modernidade e a competitividade entre as empresas por projetos mais elaborados e atrativos, fazem com que a complexidade dos projetos cresça, agrupando diversas disciplinas e empresas terceirizadas para a realização do empreendimento.

É neste momento que surge uma das maiores, se não a maior, dificuldades da elaboração do projeto, fazer com que todas as disciplinas e empresas envolvidas se comuniquem e que o projeto esteja alinhado exatamente igual com todos os envolvidos. Por isso, destaca-se a importância de realizar uma adequada e eficiente compatibilização de projeto, para que seja possível antecipar qualquer incompatibilidade entre as disciplinas envolvidas, como arquitetura, estrutura, elétrica e hidráulica.

Segundo Itaipu Parquetec (2022), a compatibilização de projeto é definida como um processo que realiza a análise dos projetos em conjunto, um fluxo de trabalho que sobrepõe as soluções das diferentes disciplinas e verifica se os projetos estão compatíveis, para que eles estejam coerentes e, assim, eliminem as interferências logo na fase inicial. Sendo uma forma de evitar o desacordo entre projetos, a compatibilização tem se consolidado como uma etapa fundamental no processo de concepção e execução de empreendimentos da construção civil, coordenando e integrando os diversos projetos envolvidos.

Em edifícios projetados em alvenaria estrutural, a ausência de compatibilização pode gerar mais custos para a concepção do projeto devido à necessidade de retrabalhos na elaboração dos projetos e consequências significativas à estrutura, por

se tratar de um sistema construtivo que possui características próprias e é extremamente preciso, visto que as paredes são as responsáveis por absorver todas as ações verticais e horizontais atuantes, não podem sofrer danos ou alterações não consideradas no projeto estrutural para a garantia da segurança estrutural (Mohamad, 2024). Além disso, a falta de compatibilidade ou sua realização de forma não eficiente também podem ser um dos mecanismos que ocasionam as patologias, como todo sistema construtivo, a alvenaria estrutural também está sujeita às manifestações patológicas. A patologia é a parte da engenharia que estuda a origem, a causa, as formas de manifestação e as consequências das falhas construtivas, sejam estes vícios aparentes ou ocultos (Sanches, 2023). Os indícios mais comuns na degradação da estrutura são fissuras, recalques diferenciais, equívocos na concepção estrutural, problemas de execução de obra, falta de manutenção preventiva durante a vida útil e eventos não previstos em projeto, como rasgos na alvenaria.

As patologias nas construções não apenas podem comprometer a durabilidade e a segurança das edificações, mas também podem gerar custos adicionais e atrasos na execução do projeto.

Diante disso, a incompatibilidade de projetos é um problema expressivo recorrente nos escritórios de engenharia e construtoras, levando a um desperdício de tempo e recursos, provocando retrabalhos de execução em obra e na própria concepção do projeto, além de poder acarretar outros graves problemas como patologias no edifício, visto que é comum o acontecimento na construção civil. Por isso, as decisões tomadas na execução do projeto devem estar em comum acordo com todas as disciplinas envolvidas para assim ter a eficiência completa que o sistema estrutural proporciona e a redução de falhas futuras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é destacar a importância de se realizar a compatibilização dos projetos multidisciplinares durante a elaboração do projeto estrutural de um edifício em alvenaria estrutural a partir de um estudo de caso e realizar um levantamento das principais patologias que estão ligadas ao sistema e suas possíveis correlações com a ausência da compatibilização.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo específico do trabalho, foi necessário definir os seguintes objetivos específicos como guia da pesquisa:

- a) realizar um estudo teórico sobre a compatibilização dos projetos na alvenaria estrutural e as patologias do sistema;
- b) realizar a compatibilização dos projetos arquitetônicos, elétrico e hidrossanitário;
- c) identificar os principais conflitos entre os projetos multidisciplinares e o que cada interferência pode prejudicar na estrutura;
- d) avaliar as consequências das falhas de compatibilização em projetos de alvenaria estrutural destacando a importância do processo;
- e) verificar se as patologias levantadas no estudo teórico podem ser influenciadas pelas incompatibilidades detectadas no estudo de caso;
- f) indicar melhorias para diminuir o retrabalho.

1.2 JUSTIFICATIVA

Diante da experiência vivida no estágio curricular, foi possível acompanhar as etapas de elaboração dos projetos estruturais de edifícios em alvenaria estrutural. Podendo observar que um dos pontos mais importantes do processo é a compatibilização dos projetos, visto que algumas obras, dependendo da complexidade, podem envolver diversas disciplinas além da estrutural, como arquitetura, elétrica, hidráulica, exaustão, climatização, pressurização, entre outros. Com isso, é necessário enfatizar e apresentar a importância de se realizar o processo de compatibilização de forma adequada, fazendo com que todas as disciplinas envolvidas convirjam para que o projeto seja entregue com eficiência e com a máxima capacidade de realização, favorecendo os prazos e valorizando o trabalho dos escritórios.

Além disso, a incompatibilização do projeto pode influenciar em vários pontos como retrabalho e até em patologias estruturais, com isso adentra-se em outro ponto extremamente importante de ser estudado que são as patologias presentes no sistema de alvenaria estrutural, uma vez que é um método extremamente preciso e que falhas na execução do projeto, da obra e utilização após finalização podem acarretar diversos problemas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em seis capítulos, estruturados de forma a apresentar, de maneira clara e sequencial, o desenvolvimento da pesquisa desde a introdução do tema até a análise dos resultados.

O Capítulo 1 apresenta a introdução, na qual são abordados o contexto da pesquisa, a problematização, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a delimitação do estudo, estabelecendo as bases para o desenvolvimento do trabalho.

No Capítulo 2 é desenvolvida a revisão bibliográfica, contemplando os principais fundamentos teóricos relacionados à construção civil e ao sistema construtivo em alvenaria estrutural. São ainda discutidos os conceitos de coordenação modular e compatibilização de projetos, bem como as interferências entre disciplinas. Adicionalmente, são apresentadas as principais manifestações patológicas associadas à alvenaria estrutural, com ênfase na sua relação com falhas de concepção, detalhamento e integração entre projetos.

O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada, caracterizando o estudo de caso e detalhando os procedimentos utilizados para a análise dos projetos. Nesta etapa, são apresentados os critérios empregados para a identificação, classificação e avaliação das incompatibilidades entre as diferentes disciplinas envolvidas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões, nos quais são analisados os processos de compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações ao longo das fases de estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo do projeto de estudo. Neste capítulo, são evidenciadas as principais incompatibilidades identificadas, bem como sua evolução ao longo do desenvolvimento do projeto, sendo também estabelecida a relação entre essas ocorrências e o potencial surgimento de manifestações patológicas no sistema de alvenaria estrutural.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho, sintetizando os principais resultados obtidos e as contribuições da pesquisa para a área de estudo, suas limitações

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria acompanha a história da humanidade desde os tempos mais remotos, marcando a transição dos abrigos naturais, como cavernas, para construções organizadas e permanentes. Os primeiros registros desse processo surgem na pré-história, quando o ser humano empilhava pedras em busca de proteção. Já há cerca de 10 mil anos, há indícios do uso de blocos cerâmicos moldados e secos ao sol como elementos construtivos. No contexto brasileiro, um marco importante foi a construção do primeiro edifício em alvenaria estrutural com blocos de concreto em 1966, o edifício Central Parque da Lapa com 4 prédios de 12 pavimentos. Esse acontecimento impulsionou o desenvolvimento e a consolidação do sistema no país, despertando o interesse técnico e científico sobre suas potencialidades (Persekian, 2022).

O desenvolvimento da alvenaria permitiu o aprimoramento de materiais e técnicas, transformando-a em uma alternativa construtiva racionalizada, com bom desempenho estrutural, facilidade de execução e potencial de industrialização. Esse avanço é resultado da busca contínua por soluções construtivas mais eficientes e adaptadas às necessidades contemporâneas da construção civil.

2.2 NORMATIZAÇÃO

Nos dias atuais a alvenaria estrutural é respaldada e padronizada pelas normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas):

- a) alvenaria estrutural – projeto: NBR 16868 – 1:2020;
- b) alvenaria estrutural – execução e controle de obras: NBR 16868 – 2:2020;
- c) alvenaria estrutural – métodos de ensaios: NBR 16868 – 3:2020;
- d) alvenaria estrutural – estrutura em situação de incêndio: NBR 16868 – 4;
- e) alvenaria estrutural – projeto para ações sísmicas: NBR 16868 – 5;

Além das normas específicas da série NBR 16868, existem outras normas complementares fundamentais para o projeto e execução de edificações em alvenaria estrutural, como:

- a) blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – NBR 6136/2016;

b) componentes cerâmicos – blocos e tijolos para alvenaria – requisitos – NBR 15270 – 1:2023;

c) componentes cerâmicos – blocos e tijolos para alvenaria – métodos de ensaios – NBR 15270 – 2:2023;

d) ações para o cálculo de estruturas de edificações – NBR 6120:2019.

A aplicação dessas normas deve ser feita conforme as necessidades de cada projeto, garantindo a conformidade técnica e o desempenho adequado da edificação.

2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO: ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que possui as paredes como elementos estruturais principais, sendo ela o pórtico responsável por absorver todos os esforços verticais e horizontais atuantes, substituindo vigas e pilares utilizados em sistema convencional para sustentar o edifício (Mohamad, 2024). Embora a norma brasileira não estabeleça um limite máximo de pavimentos, os estudos técnicos e a prática construtiva nacional apontam a viabilidade da construção de edifícios com até aproximadamente 25 pavimentos em alvenaria estrutural.

Portanto o sistema de paredes possui a grande importância de dar sustentação e resistência ao edifício. Definindo “sistema” como um conjunto de elementos que trabalham de forma integrada, sendo esse composto essencialmente por blocos e pela argamassa de assentamento, responsável por uni-los, conferindo rigidez ao conjunto e transformando-o em um único elemento vertical capaz de resistir aos esforços solicitantes (Tauil; Nese, 2023).

De acordo com Bastos (2021), os blocos utilizados no sistema podem ser fabricados de diferentes materiais, como concreto, cerâmicos ou sílico-calcários. A definição do bloco a ser utilizado em obra depende dos tipos de blocos disponíveis na região e das propriedades específicas desejadas na obra. No Brasil, os blocos estruturais de concreto vazados são os que possuem maior facilidade de serem encontrados em todas as regiões, devido à sua industrialização.

Segundo Parsekian (2022), entre 80 a 95% do volume da alvenaria é composto pelos blocos, fazendo com que suas características determinem aspectos importantes da parede, por exemplo, a resistência à compressão da alvenaria, que depende predominantemente da resistência dos blocos utilizados. Além disso, propriedades

como resistência ao fogo, desempenho acústico e conforto térmico das paredes são diretamente influenciados pelas características dos blocos especificados no projeto.

Um aspecto particularmente relevante do sistema construtivo é que, devido ao fato de as paredes possuírem função estrutural, há uma limitação quanto a modificações arquitetônicas após a concepção do projeto e finalização da obra. Qualquer intervenção que comprometa a integridade das paredes estruturais pode afetar gravemente a segurança da edificação, uma vez que a rigidez da edificação é fundamental para garantir a estabilidade e segurança estrutural, sendo ela obtida por meio da amarração das paredes nas duas principais direções em que ocorrem os esforços dos ventos e complementada pelo apoio e vinculação das lajes, que contribuem para o enrijecimento da estrutura (Mohamad, 2024).

Em relação à concepção da fundação para projeto em alvenaria estrutural pode ocorrer diferentes soluções adotadas. Nos casos mais simplificados, todo o edifício é realizado em alvenaria estrutural, onde as próprias paredes são apoiadas sobre o solo e por meio de sapatas corridas ou estacas curtas e pouco espaçadas, associadas a vigas baldrame, transmitem os esforços ao solo. Por sua vez existem casos mais complexos, onde o pavimento térreo é realizado com o sistema convencional ou então sofre alterações nos vãos em relação ao pavimento tipo, nessas situações é necessário a criação de um pavimento de transição, utilizando pilares e vigas, e assim fazendo com que o carregamento chegue concentrado e seja transmitido por meio dos pilares (Parsekian, 2022).

Ainda no âmbito da concepção estrutural, a NBR 16868-1 (ABNT, 2020) define que os elementos de alvenaria podem ser armados ou não armados. Elementos armados são aqueles que utilizam armaduras passivas para conseguir resistir os esforços solicitantes. Já os elementos não armados não necessitam do dimensionamento de armaduras para resistir aos carregamentos.

Entretanto, mesmo nos elementos classificados como não armados, é comum e recomendável a utilização de armaduras em situações específicas com finalidade construtiva e de amarração, sendo essas utilizadas nas vergas, contravergas e cintas de amarração, com o objetivo de auxiliar na prevenção do aparecimento de como fissuras e trincas provocadas pela acomodação natural da estrutura, dilatação térmica, deslocamentos e concentração de tensões. Diferentemente do que ocorre com os elementos armados, nesses casos, o aço não é considerado para resistir aos esforços principais.

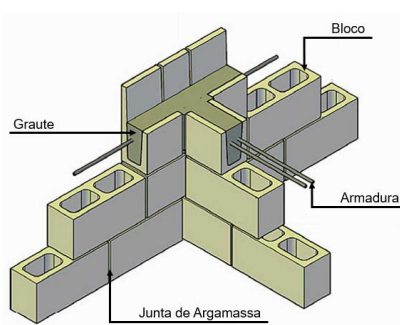
Nos elementos considerados armados estruturalmente, as armaduras são inseridas nos blocos, em regiões estratégicas definidas pelo projeto estrutural, onde os esforços exigem reforço. Nesses pontos, após a colocação das armaduras, aplica-se o graute, um material de consistência fluida, geralmente composto por concreto ou argamassa e agregados finos, cuja função é proporcionar a aderência e solidarização entre o aço e o bloco, garantindo o trabalho conjunto dos materiais na resistência aos esforços solicitantes devido às tensões de tração e cisalhamento (Parsekian; Hamid; Drysdale, 2013).

A adoção do sistema de alvenaria estrutural, quando adequadamente projetado, dimensionado e executado conforme as especificações técnicas normativas, proporciona um método racionalizado que atende aos principais objetivos da construção civil moderna: segurança estrutural, economia de materiais e mão de obra, organização do canteiro de obras e redução de resíduos, resultando em uma obra mais limpa, eficiente e sustentável. Dessa forma, a alvenaria estrutural se destaca como uma alternativa viável, especialmente em empreendimentos habitacionais de múltiplos pavimentos que buscam aliar desempenho técnico e otimização de recursos.

2.3.1 Componentes

Para compreender o funcionamento da alvenaria estrutural é necessário conhecer os componentes que compõem o sistema, a ABNT 16868-1 (2020), define como componentes a menor parte dos elementos que integram a alvenaria. Os principais componentes são os blocos ou tijolo, a junta de argamassa, o graute e as armaduras (Figura 1).

Figura 1 - Componentes da Alvenaria Estrutural

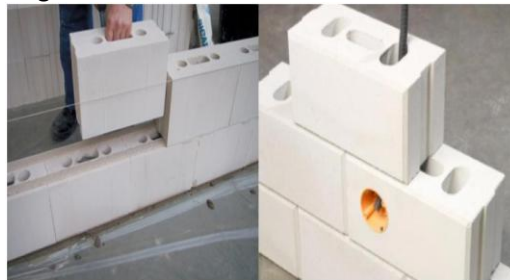


Fonte: Adaptado de Tauil; Nesse (2010)

2.3.1.1 Bloco

O bloco estrutural constitui o componente base da alvenaria estrutural possuindo altura maior ou igual a 115 mm, fabricado a partir de diferentes materiais, como sílico-calcário, concreto ou cerâmica, e podendo ser vazado, perfurado ou maciço (ABNT 16868-1, 2020). Em relação aos materiais de fabricação, os blocos de sílico-calcários são produzidos através da prensagem e da cura por vapor a alta pressão de uma mistura de areia quartzosa e cal, porém não são encontrados em todas regiões do país devido sua produção e disponibilidade de matérias-primas adequadas (Mohamad, Machado, Jantsch, 2018).

Figura 2 - Blocos de Sílico-calcários



Fonte: Lume-re-demonstracao (s.d.)

Já os blocos cerâmicos tem como seu material base a argila, que é composta de sílica, silicato de alumínio e variadas quantidades de óxidos ferrosos. Além disso a argila utilizada no bloco pode ser calcária, resultando em blocos de coloração amarelada após a queima, e não calcária, que produz os blocos com tons variados de vermelho dependendo da quantidade de óxido de ferro, que pode variar de 2% a 10% (Mohamad, 2024).

Figura 3 - Blocos Cerâmico



Fonte: Ceramicaabcd (s.d.)

Os blocos de concreto possuem na sua composição cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo, água e aditivos que aumentam a coesão da mistura ainda fresca. Eles são produzidos pelo processo de vibrocompactação, resultando em peças com geometria precisa e boa compactidade. Posteriormente à moldagem, os blocos são curados em câmara úmida aquecida para acelerar a cura do cimento Portland e garantir a resistência adequada das resistências mecânicas (Grassiotto, 2023).

Figura 4 - Blocos de Concreto



Fonte: Scienge (2023)

Além do aspecto relacionado à natureza do material constituinte dos blocos estruturais, outro fator de grande importância refere-se às características dimensionais desses componentes. As dimensões dos blocos são expressas na sequência largura, altura e comprimento, e seguem terminologia específica com diferentes definições dimensionais empregadas no contexto da alvenaria estrutural. Segundo Bastos (2021), as dimensões nominais são aquelas especificadas pelo fabricante antes mesmo da produção dos blocos, representando as medidas esperadas ou teóricas que o bloco deveria possuir. Por exemplo, um bloco nominal de 14 x 19 x 39 centímetros indicam que essas são as dimensões previstas em projeto.

As dimensões modulares, por sua vez, são obtidas somando-se à dimensão nominal do bloco a espessura da junta de argamassa, convencionalmente adotada como 1 centímetro (discutida adiante). Assim, o mesmo bloco nominal de 14 x 19 x 39 centímetros resultam em dimensões modulares de 15 x 20 x 40 centímetros. Essas

dimensões modulares são as que efetivamente determinam a coordenação modular do projeto e são utilizadas no dimensionamento das paredes e na definição das plantas.

Por fim, as dimensões reais são aquelas efetivamente medidas nos blocos após sua fabricação, coletadas diretamente nos elementos produzidos. Devido às tolerâncias inerentes ao processo de fabricação, as dimensões reais podem apresentar pequenas variações em relação às dimensões nominais.

A partir das medidas dos blocos, ocorrem as subdivisões que busca agrupá-los de acordo com as dimensões e características geométricas que interagem modularmente na execução de uma obra, constituindo assim, os grupos de blocos que são denominados como famílias.

Nos dias atuais, de acordo com Bastos (2021), os fabricantes classificam as famílias a partir das larguras em centímetro dos blocos, sendo as mais comuns as famílias de 14 e 19, correspondentes a blocos com larguras nominais de 14 e 19 centímetros, respectivamente, conforme apresentado no Quadro 1. Porém, anteriormente, essa divisão era realizada com base no comprimento do bloco inteiro, que por ser o predominante na obra, nomeava a família. Assim, era comum a referência às famílias 29 e 39, conforme o bloco inteiro tivesse comprimento nominal de 29 ou 39 centímetros.

Quadro 1 - Blocos de Concreto da Família 14 e 19

FAMÍLIAS	BLOCOS
14	 14 39 Bloco inteiro  14 19 1/2 Bloco  14 34 Bloco 34  14 54 Bloco 54  14 9 Compensadores  14 4.2  14 39 Canaleta U  14 19 1/2 Canaleta  14 29 Bloco inteiro  14 14 1/2 Bloco  14 44 Bloco 44  14 29 Canaleta 29  14 19  14 19  14 19 Canaletas J  14 19  14 19  14 19  14 19 Canaleta U
19	 19 39 Bloco inteiro  19 19 1/2 Bloco  19 39 Canaleta  19 19 1/2 Canaleta

Fonte: Site Pavertech (2020)

As famílias são formadas visando otimizar o processo da modulação e melhor atender as necessidades dos projetistas estruturais e da arquitetura. Conforme Grassiotto (2023), cada família é composta por uma variação de tipos de blocos com funções específicas:

a) blocos inteiros: é o componente básico e mais utilizado na elevação das paredes;

b) meio bloco: possui comprimento correspondente aproximadamente à metade do bloco inteiro e é utilizado para completar dimensões e permitir a amarração adequada das fiadas;

c) blocos de amarrações do tipo L e T: são projetados especificamente para serem utilizados nos encontros de paredes perpendiculares, permitindo o intertravamento e o enrijecimento estrutural pela amarração direta;

d) blocos compensadores: possuem dimensões especiais para permitir ajustes modulares quando necessário;

e) blocos jota: apresentam uma face com altura reduzida e são empregados na fiada de respaldo em contato com as lajes;

f) blocos tipo canaletas: possuem uma abertura superior que permite sua utilização na execução de elementos como vergas, contravergas e cintas de amarração, onde é necessário alojar armaduras e proceder ao grauteamento.

2.3.1.2 Junta de argamassa

A junta de argamassa de assentamento é intercalada entre os blocos com o objetivo de proporcionar a aderência e união dos blocos, verticalmente e horizontalmente. Um material fundamental na alvenaria estrutural, e comumente composto por cimento Portland, cal, água e areia, e em alguns casos, ainda conta com aditivos entre os seus componentes. Sua produção pode ser realizada manualmente no próprio canteiro de obras, mediante dosagem controlada dos componentes, ou de forma industrializada, onde o material é fornecido pré-dosado pelo fabricante, necessitando apenas da adição de água no local da aplicação (Mohamad; Machado; Jantsch, 2017).

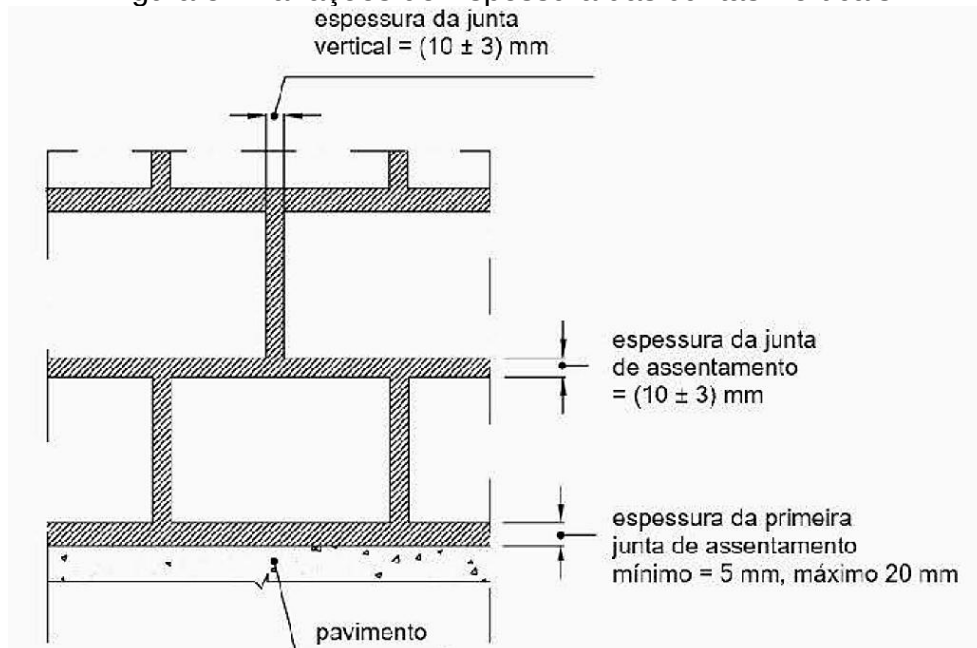
Cada um dos componentes da argamassa desempenha função específica no conjunto, o cimento presente na argamassa contribui para a resistência e durabilidade do material, de maneira que, neste contexto, destaca-se que a cal, é responsável pela

trabalhabilidade, plasticidade e coesão à argamassa no estado fresco, facilitando sua aplicação e espalhamento sobre os blocos, além de contribuir significativamente para a retenção de água, propriedade fundamental para garantir a aderência adequada com os blocos. A areia atua como material de enchimento, proporciona corpo à argamassa e contribui para evitar retração excessiva durante o processo de endurecimento. A água, além de hidratar o cimento e promover as reações químicas necessárias ao endurecimento, confere a consistência adequada para a aplicação (Tauil; Nese, 2023).

Além de ser responsável por garantir a união dos blocos e auxiliar na absorção e distribuição dos esforços entre as unidades, uma boa argamassa de assentamento, irá contribuir no desempenho global da alvenaria, não permitindo a deformação excessiva ou retração, o que poderia provocar o aparecimento de fissuras. A fim de garantir a utilização correta da argamassa, o projetista estrutural deve especificar no projeto a resistência à compressão que a argamassa deve apresentar e ensaios referentes a essa propriedade devem ser realizados em laboratório para verificar se os valores reais obtidos com a argamassa a ser empregada estão atendendo aos valores mínimos especificados em norma e em projeto (Parsekian; Hamid; Drysdale, 2013). Esse controle tecnológico é fundamental para garantir a qualidade da construção.

A NBR 16868-2 (ABNT, 2020) estabelece critérios específicos para a espessura das juntas de argamassa de assentamento. A junta horizontal da primeira fiada de blocos, que é assentada diretamente sobre a fundação ou viga baldrame, deve apresentar espessura entre 5 e 20 mm. Já para as demais juntas horizontais de argamassa entre as fiadas subsequentes, bem como para as juntas verticais entre blocos adjacentes, a norma estabelece que a espessura deve ser de 10 milímetros, admitindo-se uma variação máxima de 3 milímetros para mais ou para menos sobre esse valor de referência (Figura 5). Por conseguinte, a isso, pode-se compreender que o controle rigoroso da espessura das juntas é fundamental, pois juntas quando são muito espessas podem reduzir a resistência da alvenaria e prejudicar o desempenho estrutural, enquanto juntas muito finas podem comprometer a aderência e a distribuição adequada de tensões entre os blocos.

Figura 5 - Variações de Espessura das Juntas Verticais



Fonte: ABNT NBR 16868-2 (2020)

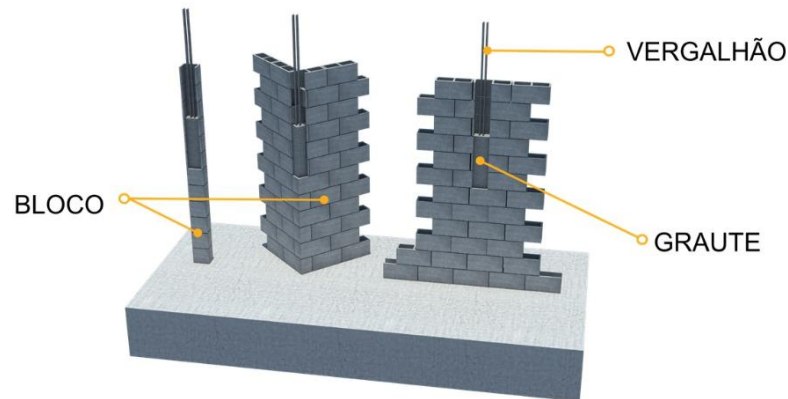
2.3.1.3 Graute

O graute é definido como um material resultante da mistura de “concreto com agregados miúdos destinado ao preenchimento dos vazios dos blocos nos locais especificados pelo projetista da estrutura” (Tauil; Nese, 2023).

Um componente que deve apresentar uma fluidez, obtida através do controle cuidadoso da relação água/cimento e do eventual emprego de aditivos plastificantes ou superplastificantes, suficiente para que o preenchimento do vazio dos blocos seja realizado por completo e aumente a resistência à compressão da parede. Seu lançamento é executado em duas etapas, primeiramente quando a alvenaria atinge aproximadamente a metade da altura da parede ou a altura da verga e, posteriormente, após a conclusão de todo o pé-direito (Mohamad, 2024).

Sua utilização tem como finalidade principal, atuar como reforço estrutural em zonas concentradas de tensões, aumentar a capacidade de resistência à compressão da parede em regiões específicas onde isso se faz necessário segundo o dimensionamento estrutural e solidificar as armaduras com a alvenaria (Mohamad, 2024).

Figura 6 - Grauteamento na alvenaria estrutural



Fonte: Site Construindo Casas (2021).

As principais propriedades que o graute deve apresentar, segundo Mohamad; Machado; Jantsch (2017), são em relação à consistência, visto que a necessidade de apresentar simultaneamente coesão suficiente para evitar a segregação dos componentes durante o lançamento e fluidez adequada para permitir o preenchimento completo dos vazios sem a necessidade de vibração excessiva. Em relação a retração, uma vez que não deve apresentar retração significativa durante o processo de endurecimento, pois isso poderia causar a separação entre o graute e as paredes internas dos blocos, comprometendo o comportamento conjunto e criando caminhos preferenciais para infiltração de água. Quanto à propriedade de resistência à compressão, o graute deve apresentar resistência compatível com os esforços a que será submetido, sendo essa resistência um dos fatores que influenciam a resistência à compressão da alvenaria grauteada em conjunto com a resistência dos blocos (Mohamad; Machado; Jantsch, 2017).

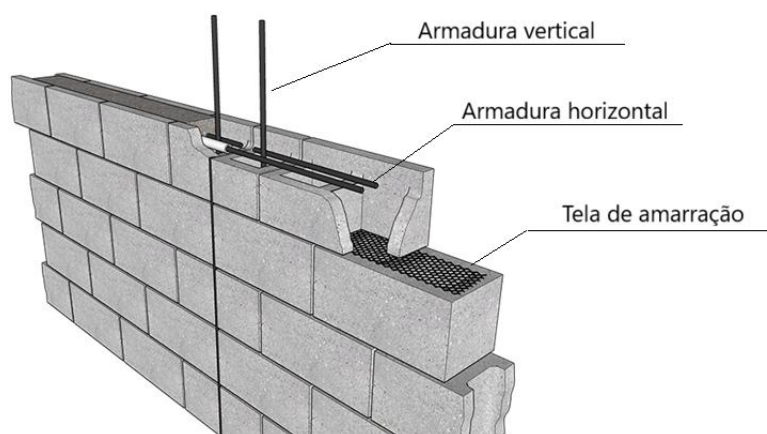
2.3.1.4 Armadura

As armaduras utilizadas na alvenaria estrutural se comportam de forma semelhante as utilizadas em projetos executados em concreto armado. Elas são alocadas estrategicamente em elementos ou regiões da alvenaria onde há necessidade de resistir a esforços de tração e cisalhamento, que a alvenaria sozinha não conseguiria suportar adequadamente. Além dessa função estrutural primária, as armaduras também desempenham importante papel na prevenção de eventuais fissuras decorrentes de retração, variações térmicas ou acomodação da estrutura, e

podem ser utilizadas para conectar e amarrar paredes ou outros elementos estruturais entre si. Os tipos mais comuns são as barras de aço CA-50 (Parsekian; Hamid; Drysdale, 2013).

Em situações específicas, podem ser empregadas também armaduras em forma de telas soldadas ou treliças, particularmente úteis para distribuição de esforços e controle de fissuração.

Figura 7 - Armaduras na alvenaria estrutural



Fonte: Adaptado do Site ECIVIL.

2.3.2 Elementos

Além dos componentes básicos, a alvenaria estrutural conta com os elementos complementares. A NBR 16868-1 (2020) define os elementos como parte da estrutura resultante da união de dois ou mais componentes. Esses elementos complementares auxiliam no funcionamento adequado do sistema estrutural e na prevenção de patologias.

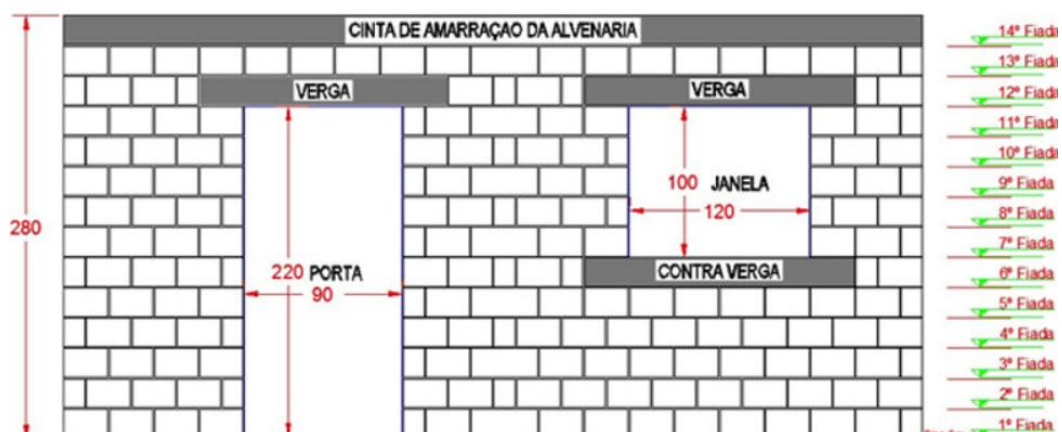
Com o objetivo de proporcionar uma compreensão mais aprofundada sobre o funcionamento completo da alvenaria estrutural, serão apresentados a seguir os conceitos e características dos principais elementos complementares que compõem o sistema, servindo como base para as análises e discussões desenvolvidas ao longo deste trabalho.

2.3.2.1 Vergas e Contravergas

As vergas e contravergas são elementos executados utilizando-se blocos do modelo canaleta preenchidos com concreto convencional contendo agregado de brita zero ou um, e armadura de solidarização constituída por barra de aço longitudinal e estribos. Elas são executadas sobre vãos pequenos de portas e janelas, sendo a verga posicionada imediatamente acima da abertura e a contraverga na sua parte inferior (Mohamad; Machado; Jantsch, 2017).

O posicionamento desses elementos nessas regiões específicas é necessário porque as aberturas de portas e janelas provocam uma descontinuidade significativa na parede estrutural, interrompendo o caminho natural de transmissão das cargas verticais. As cargas que são transmitidas uniformemente pelas paredes sofrem um desvio obrigatório ao encontrar a abertura, concentrando-se nas regiões adjacentes aos vãos e provocando acúmulo de tensões principalmente nos cantos superiores e inferiores das aberturas. Segundo Grassiotto (2023), esses fatores fazem com que ocorra o aparecimento de trincas diagonais partindo dos cantos das aberturas. A execução adequada das vergas e contravergas favorece significativamente a prevenção dessas patologias, pois esses elementos atuam diretamente na absorção e distribuição das tensões de tração que se desenvolvem nos cantos das aberturas, impedindo que essas tensões provoquem fissuração na alvenaria.

Figura 8 - Verga e Contraverga



Fonte: Site Ceramicacity (2017)

Ainda, Mohamad (2015), recomenda que nos casos em que vergas e contravergas de duas esquadrias distintas fiquem muito próximas verticalmente, seja

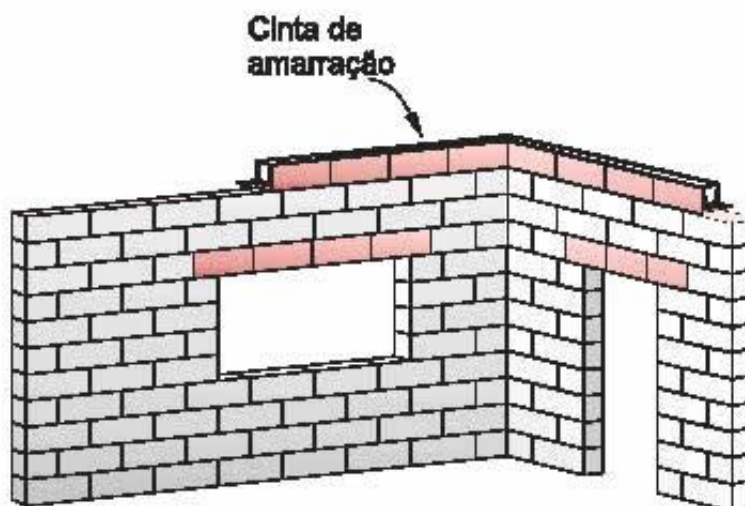
realizada a união das mesmas formando um único elemento contínuo, o que melhora a distribuição de esforços e simplifica a execução.

A armadura desses elementos deve ser dimensionada considerando o vão da abertura e as cargas atuantes, sendo comum a utilização de barras longitudinais na parte inferior da verga para resistir aos esforços de tração por flexão e de acordo com a necessidade, acrescenta-se armaduras na região superior e estribos espaçados para resistir ao esforço da cortante do vão.

2.3.2.2 Cinta de Amarração

De acordo com a NBR ABNT 16868-2 (2020), em todo pavimento deve existir uma cinta de amarração. Sendo ela preferencialmente executada na fiada de respaldo (Figura 9), ou seja, na última fiada de blocos de cada pavimento (linhas horizontais de blocos, figura 8). As cintas devem ser executadas com blocos tipo canaleta, tipo J ou com formas, e preenchida com graute antecedendo a montagem das formas da laje.

Figura 9 - Cinta de amarração



Fonte: Site Cimento.Org (2010)

2.2.2.3 Juntas de Dilatação e Juntas de Controle

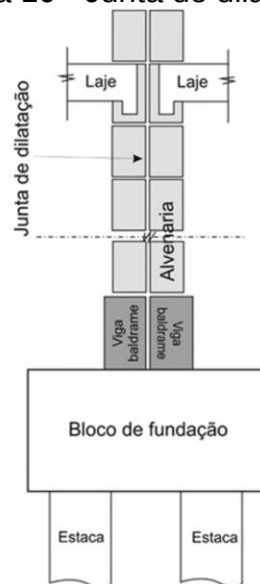
As edificações sofrem variações nas suas dimensões diariamente ao longo da sua vida útil, isso ocorre devido às suas características físicas, químicas e mecânicas. Mohamad (2024, p.169), destaca como as principais ações causadoras dos movimentos são:

[...] as variações de temperatura, variações de umidade, absorção do vapor de água, ações químicas, como a carbonatação e ataque por deflexão por carregamento, deflexão devido a assimetria na distribuição dos carregamentos resistentes e movimentação do solo por recalques naturais.

As juntas de dilatação têm a função de acomodar os movimentos naturais dos materiais construtivos, prevenindo a concentração de tensões que poderiam comprometer a integridade da estrutura. Devem ser posicionadas em regiões onde ocorrem mudanças de rigidez, já que essas diferenças podem provocar fissuras ou a separação de partes da edificação. Na prática, esse tipo de junta corresponde a um vão entre paredes estruturais, preenchido com materiais deformáveis, como o isopor, e vedado nas extremidades com produtos elásticos e impermeáveis (Mohamad; Machado; Jantsch, 2017).

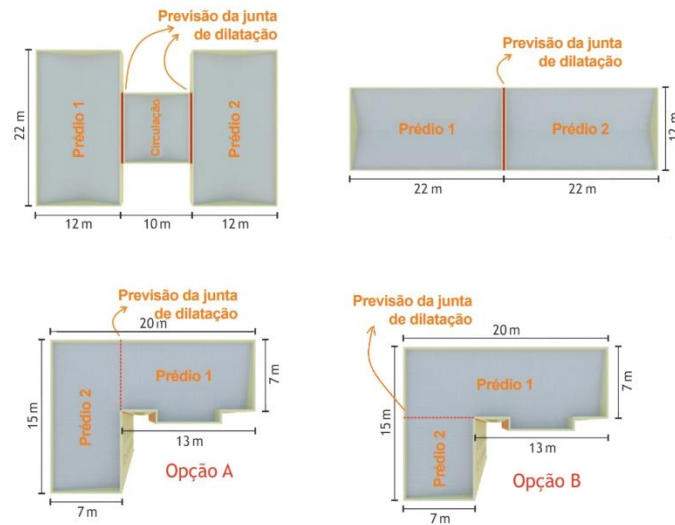
Segundo a ABNT NBR 15961-1:2011, deve-se prever juntas de dilatação (Figuras 10 e 11) a cada 24 metros de extensão em planta, valor que pode ser alterado conforme a análise dos efeitos de variação térmica e da expansão estrutural. Além disso, Mohamad (2024), ressalta que em situações que o edifício for realizado em formato de “L”, é recomendada pelo menos uma junta de dilatação para a separação da estrutura, mesmo que suas dimensões não ultrapassem 24 metros.

Figura 10 - Junta de dilatação



Fonte: Mohamad (2024)

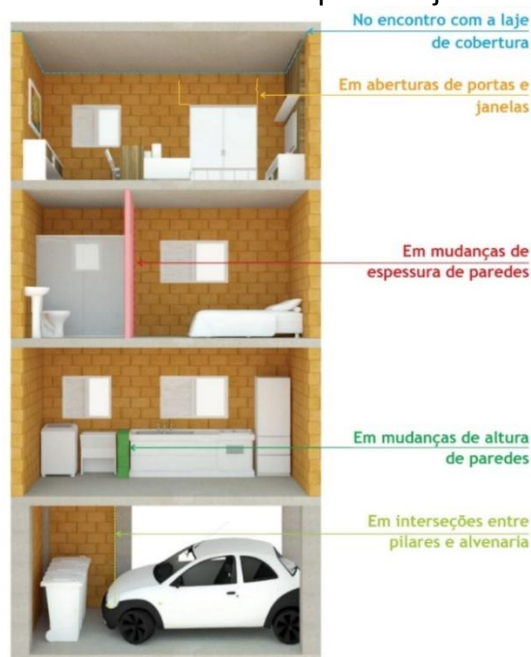
Figura 11 - Junta de dilatação vista em planta



Fonte: Adaptado de Mohamad; Machado; Jantsch (2017)

Além das juntas de dilatação existem também as juntas de controle, que possibilitam pequenos deslocamentos relativos entre os elementos da estrutura, sem comprometer sua estabilidade ou desempenho. Esses espaços também devem ser preenchidos com material compressível, como isopor, e vedadas com impermeabilizantes (Mohamad, 2015). Na Figura 12, destaca os locais que são mais indicados a utilização desse tipo de junta.

Figura 12 - Locais mais indicados para as juntas especificadas



Fonte: Mohamad; Machado; Jantsch (2017)

2.4 PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Para que a alvenaria estrutural atinja resultados satisfatórios, a concepção do projeto deve ser realizada de forma criteriosa, em conformidade com as diretrizes que regem o sistema construtivo. Para isso, é fundamental que o dimensionamento, a modulação, a interação de projetos de outras disciplinas e a definição dos elementos estruturais sejam planejadas, assegurando não apenas a segurança e a estabilidade da edificação, mas também a racionalização do processo construtivo, com redução de desperdícios, melhor aproveitamento dos materiais e maior eficiência na execução. Com isso, será apresentado a seguir os conceitos e etapas fundamentais na concepção de um projeto em alvenaria estrutural.

2.4.1 Modulação

A modulação consiste fundamentalmente na definição e organização adequada dos blocos estruturais, de modo a obter plantas baixas racionais e elevações compatíveis com as necessidades arquitetônicas e estruturais do empreendimento. Para Bastos (2021), “modular um arranjo arquitetônico significa acertar suas dimensões na direção horizontal e na vertical (pé-direito da edificação), em função das dimensões das unidades de alvenaria”.

O processo de modular está ligado a um dos aspectos mais importantes na elaboração do projeto, que é a escolha do tipo e dimensões dos blocos a serem usados. Uma decisão que implica diretamente de forma determinante na coordenação modular de todo o empreendimento, influencia significativamente o cálculo estrutural e o dimensionamento dos elementos, afeta diretamente a execução da obra em termos de produtividade e qualidade, e tem impacto considerável na economia global do empreendimento e no desempenho final da edificação (Mohamad; Machado; Jantsch, 2017).

Para início da coordenação modular, define-se um módulo básico, que corresponde à dimensão real do bloco acrescida da espessura da junta de argamassa (dimensão modular), convencionalmente adotada em 1 cm. Na prática brasileira, usualmente adota-se módulo básico de 15 cm ou 20 cm, escolha que decorre das dimensões padronizadas dos blocos estruturais disponíveis comercialmente e da espessura de parede adotada no projeto (Mohamad, 2024). Uma vez definido o

módulo básico, todas as dimensões do projeto devem ser múltiplas desse valor, estabelecendo assim uma relação direta entre a escolha dimensional dos blocos e a coordenação modular de todo o empreendimento, em conformidade com os princípios da coordenação modular estabelecidos pela NBR 15873.

Bastos (2021), especifica com a adoção de M-20 (módulo igual a 20 cm), o bloco inteiro terá dimensões nominal de 14 ou 19 cm de largura e 39 cm de comprimento. E ao adotar M-15, a largura nominal será de 14 cm e o comprimento nominal de 14, 29 e 44 cm (meio bloco, bloco inteiro e bloco do tipo T).

A partir disso, os autores definem que a modulação ideal é aquela que possui o módulo igual à espessura da parede, assim não havendo a necessidade de blocos compensadores para a amarração das paredes (Mohamad, 2024). No entanto é menos comum que as empresas utilizem blocos de 19 cm de largura nominal, a não ser que exista uma exigência estrutural. Isso foi possível observar no projeto em estudo, onde utilizaram blocos da família de 14 cm, mas adotaram como bloco inteiro o correspondente a modulação com M-20, ou seja, 14 cm de largura e 20 cm de comprimento.

Entretanto, autores como Valdemeri *et al.* (2018) alertam que o emprego de blocos compensadores compromete não apenas a produtividade da obra e aumentam o custo por serem elementos especiais, mas também pode afetar negativamente a integridade estrutural, especialmente quando utilizados em regiões críticas como cantos de paredes e proximidades de aberturas, áreas que naturalmente concentram tensões e exigem continuidade e amarração adequadas dos componentes para garantir a adequada transferência de cargas. Os compensadores acabam prejudicando, nesses casos, por fazerem com que as juntas verticais fiquem próximas, alterando a posição dos septos verticais que deixam de estar sobrepostos, o que resulta em distribuições de tensões diferentes ao longo da altura da parede.

Assim, a correta definição da modulação é indispensável para a racionalização do projeto e do processo construtivo, pois orienta e determina todas as etapas subsequentes incluindo a paginação detalhada das paredes, a amarração adequada entre elementos perpendiculares, o posicionamento de instalações prediais, a definição de vãos de esquadrias, e a própria concepção arquitetônica e estrutural do edifício.

2.4.1.1 Amarrações

A coordenação modular deve ser elaborada de forma a evitar, sempre que possível, a ocorrência das chamadas juntas a prumo (Figura 13), que correspondem às juntas verticais alinhadas ao longo de uma mesma linha contínua. Já quando há o correto deslocamento das juntas verticais entre fiadas consecutivas (Figura 14), considerada a solução mais adequada para garantir a estabilidade e a eficiência estrutural da parede, sendo essa solução denominada como junta amarrada.

Figura 13 - Junta a prumo



Fonte: Site Ecivil (2020)

Figura 14 - Junta amarrada

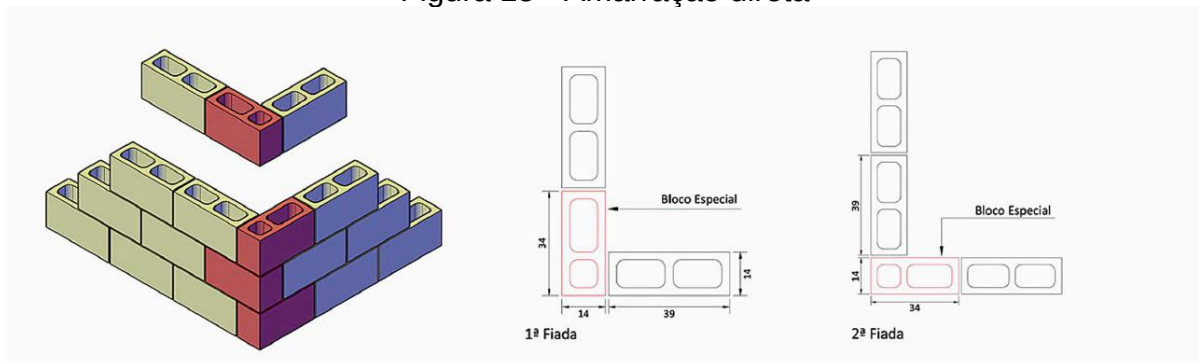


Fonte: Site Concrebloco (2022)

Além da análise em relação ao plano da parede, as amarrações também devem ser consideradas nas circunstâncias de encontro entre paredes. Conforme Persekian (2022), a amarração direta no encontro de paredes caracteriza-se como um padrão

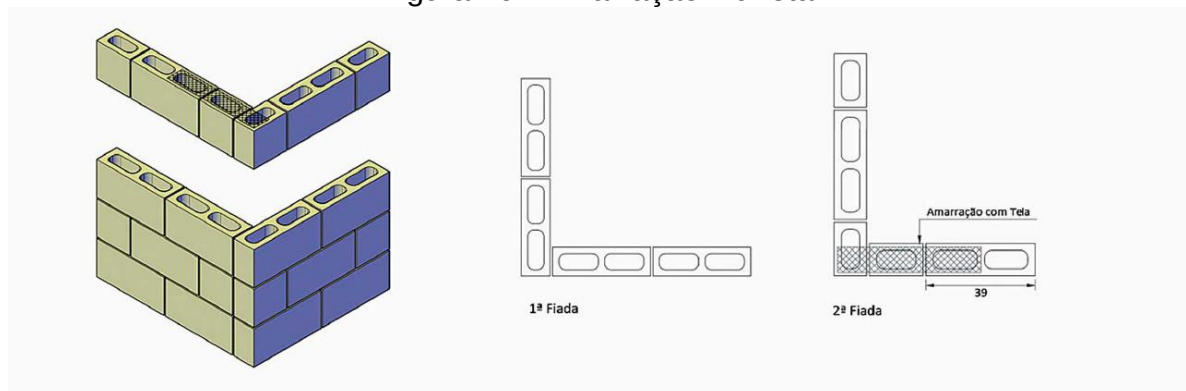
de ligação por intertravamento de blocos, no qual ocorre a interpenetração alternada de aproximadamente 50% das fiadas de uma parede na outra (Figura 15). Por outro lado, a amarração indireta ocorre quando há a presença de juntas verticais de prumo no encontro das paredes, sendo necessária a utilização de armaduras de ligação, geralmente grampos ou telas metálicas, ancoradas nas juntas de assentamento (Figura 16).

Figura 15 - Amarração direta



Fonte: Tauil e Nesse (2010)

Figura 16 - Amarração indireta



Fonte: Tauil e Nesse (2010)

Ademais, as amarrações direta das paredes podem ocorrer em diferentes conformações, como em cruz, em “L” ou em “T”, conforme ilustrado na Figura 17. Em todas essas situações, o intertravamento dos blocos garante a transferência adequada dos esforços e contribui para a rigidez da estrutura, além de evitar juntas de prumo e assegurar o comportamento monolítico da alvenaria.

Figura 17 - Visão geral das possibilidades de conexão entre as paredes



Fonte: Site Goiarte (2022)

2.4.2 Paginações

A execução adequada das primeiras fiadas é fundamental para o sucesso de uma edificação em alvenaria estrutural, sendo consideradas as etapas mais críticas de todo o processo construtivo. A primeira e a segunda fiada estabelecem as bases para toda a elevação da estrutura, definindo o posicionamento correto das paredes, o alinhamento, o prumo e a modulação que serão seguidos ao longo de toda a obra. Qualquer erro ou imprecisão nessa fase inicial pode comprometer irreversivelmente o desempenho estrutural e a qualidade da edificação, uma vez que os desvios se propagam e se amplificam nas fiadas superiores.

Por essa razão, todo projeto em alvenaria estrutural deve conter o detalhamento completo dessas fiadas iniciais e cada parede estrutural deve ser representada separadamente, com desenhos técnicos que indiquem de forma clara e precisa os tipos de blocos a serem utilizados em cada posição, incluindo blocos inteiros, meios blocos, blocos compensadores e blocos especiais, a localização de pontos hidráulicos, elétricos, juntas, vergas, contravergas, telas de amarração e todos os demais detalhes necessários para a execução da parede em obra (Mohamad, 2024).

Para Bastos (2021), além disso, a locação precisa dos vãos de portas e janelas deve estar perfeitamente definida desde as primeiras fiadas, respeitando rigorosamente a modulação estabelecida e evitando a necessidade de ajustes ou cortes que comprometam a integridade dos blocos estruturais. Esse detalhamento não apenas garante a racionalização da alvenaria estrutural, mas também facilita a execução correta da obra, permite identificar previamente as possíveis interferências com outros sistemas, como instalações hidráulicas, elétricas e sanitárias, viabilizando a compatibilização adequada entre as diversas disciplinas do projeto.

2.4.3 Instalações

A concepção do projeto de diferentes instalações em sistemas de alvenaria estrutural exige atenção dada a ausência de elementos estruturais verticais e horizontais convencionais, visto que as paredes são os elementos que possuem função estrutural e de vedação. Tais estruturas, por terem seu dimensionamento planejado com capacidades de carga predeterminadas, não admitem muitas adaptações e rasgos para a passagem de eletrodutos, porém, em casos que a adaptação seja a única solução, é importante que os rasgos sejam feitos com ferramentas especiais, que não sejam realizados cortes na horizontal e diagonal e que o projetista estrutural seja comunicado antes da realização (Parsekian, 2022).

O planejamento prévio entre o projeto estrutural e instalações para salvaguardar a integridade das paredes portantes é uma etapa primordial, visto que a NBR 16868-1 (ABNT, 2020) define que:

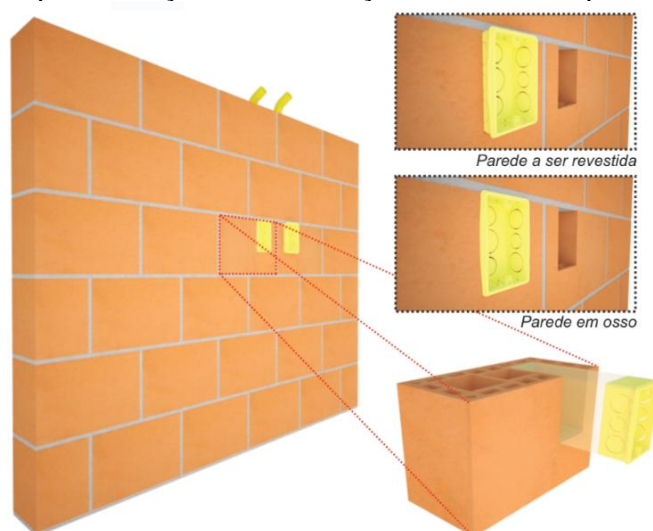
Qualquer corte em paredes deve ser previsto no projeto estrutural. Qualquer trecho cortado deve ser descontado da seção da parede no projeto. Cortes verticais de comprimento superior a 60 cm determinam elementos distintos. Não são permitidos condutores de fluidos embutidos em paredes estruturais, exceto quando a manutenção não exigir corte.

Mohamad (2024), enfatiza que a hipótese de intervenções destrutivas da parede para a passagem de tubulações é inaceitável e demonstram a ausência de uma análise prévia, implicando em retrabalhos e custos adicionais, e principalmente, abalo na estrutura do edifício por reduzir a seção resistente do elemento estrutural.

2.4.3.1 Elétrica

O trajeto vertical das instalações elétricas deve aproveitar os vazios internos (septos) dos blocos estruturais, que proporcionam passagem natural para condutores e eletrodutos de pequeno diâmetro sem necessidade de qualquer intervenção no componente. Já o trajeto horizontal deve ser executado através das lajes de piso, projetada para o recebimento dos eletrodutos, e os diversos pontos de utilização (tomadas, interruptores e luminárias) alimentados por ramais verticais que descem ou sobem através dos vazios dos blocos (Mohamad; Machado; Jantsch, 2017).

Figura 18 - Representação da instalação elétrica em parede estruturais



Fonte: Mohamad; Machado; Jantsch (2018)

Dessa forma, o planejamento racional do projeto de instalações elétricas para sistemas em alvenaria estrutural deve antecipar o posicionamento exato de quadros de distribuição, eletrodutos e dos pontos utilizados conforme a disposição do mobiliário. Posteriormente, na compatibilização entre o projeto elétrico e estrutural, deve ser realizado o lançamento das instalações na planta modulada da primeira e segunda fiada, certificando que os pontos demarcados inicialmente pela elétrica estejam sobrepondo os septos dos blocos das duas fiadas para que ocorra a subida e descida dos condutores e eletrodutos que irão alimentá-los, como sublinha Mohamad (2024).

Para assegurar a eficiência da instalação de tomadas e interruptores, a indústria disponibiliza blocos especiais que já possuem rebaixos ou recortes nas dimensões adequadas para acomodação desses dispositivos (Figura 19), esses componentes facilitam a execução e garantem acabamento adequado. No entanto, devido ao custo mais elevado dos blocos especiais em comparação aos blocos convencionais, algumas empresas construtoras optam por adquirir blocos convencionais e realizar os recortes necessários no próprio canteiro de obras. Essa operação deve ser executada com equipamento apropriado, geralmente serra elétrica com disco diamantado, de modo a garantir cortes precisos e evitar quebras ou trincas no bloco que possam comprometer sua integridade (Mohamad, Machado, Jantsch, 2018).

Figura 19 - Blocos especiais para instalações elétricas



Fonte: Site Felcon Construções(s.d.)

Afim de fornecer para a obra um projeto completo e com todas as informações para a execução, o projeto estrutural deve apresentar o detalhamento dos pontos de consumo nas paginações das elevações das paredes e na modulação em planta (Mohamad, 2024).

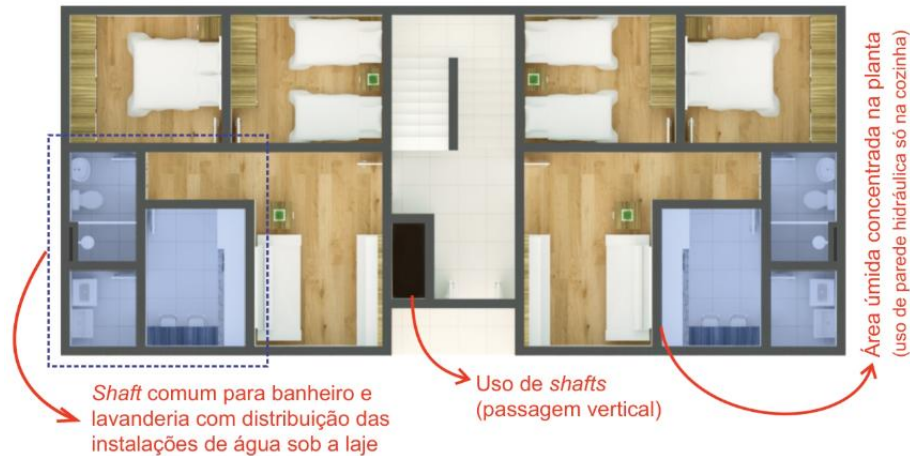
2.4.3.2 Hidráulica

As instalações hidrossanitárias (água fria, água quente, esgoto, pluvial e hidrantes) apresentam complexidade superior às elétricas devido aos maiores diâmetros das tubulações. Diferentemente das instalações elétricas, não é aconselhável a passagem das tubulações através dos vazios dos blocos estruturais. Essa restrição decorre devido aos riscos de vazamentos comprometerem o comportamento estrutural, além da necessidade de acessibilidade para manutenções, que acarretaria na necessidade de realizar rasgos na parede para acesso a canalização embutida na parede (Mohamad, 2024).

Diante dessas restrições, o projeto deve adotar estratégias que viabilizem as instalações sem interferir nos elementos estruturais. Segundo Mohamad, Machado, Jantsch (2018), uma estratégia é o agrupamento das áreas que demandam instalações hidráulicas, aproximando ambientes como banheiros, cozinha e área de serviço. Nessa configuração, torna-se possível executar uma parede exclusivamente destinada às instalações, sem qualquer função estrutural, onde todas as tubulações podem ser acomodadas livremente. Essa parede de vedação, compartilhada pelos

diversos ambientes úmidos, concentra as canalizações em região específica, simplificando tanto a instalação inicial quanto eventuais intervenções futuras.

Figura 20 - Agrupamento de áreas úmidas no apartamento



Fonte: Mohamad, Machado, Jantsch (2018)

Figura 21 - Representação da utilização de parede de vedação hidráulica



Fonte: Mohamad, Machado, Jantsch (2018)

De acordo com Mohamad (2024), quando a configuração arquitetônica não permite o agrupamento ideal, soluções alternativas devem ser empregadas. Em situações com pontos hidráulicos voltados para paredes estruturais, a distribuição pode ocorrer pelo espaço entre lajes de pavimentos consecutivos, desde que devidamente calculada. As tubulações são instaladas sobre a laje inferior e ocultas por forro, com derivações verticais alimentando os pontos no piso. Os registros de

fechamento permanecem acessíveis na parte inferior, evitando intervenções nas paredes.

Para pontos específicos posicionado na parede estrutural, Mohamad (2024) recomenda o emprego de parede adicional em sistema leve (drywall - gesso acartonado) acomodando registros e alimentação de água. As tubulações verticais também podem ser conduzidas por shafts (passagens verticais) posicionados estrategicamente e independentes da alvenaria estrutural, possuindo fechamento com placas de gesso ou alvenaria de vedação.

Figura 22 - Instalação hidráulica embutida na laje e shaft



Fonte: Site Rangellage (s.d.)

A diversidade de soluções disponíveis evidencia que a compatibilização entre projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário deve ocorrer nas fases iniciais de concepção. Essa antecipação previne intervenções destrutivas durante a execução, preserva a integridade dos elementos portantes, elimina retrabalhos custosos e eleva a eficiência global da construção.

2.5 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilização de projetos configura-se como um procedimento essencial para a consolidação da coerência técnica entre as diversas disciplinas envolvidas no desenvolvimento de uma edificação. Esta atividade visa assegurar que o conjunto de plantas e especificações possua soluções integradas, conforme compreendido por

Campos Neto e Furquim (2024), eliminando os conflitos do projeto arquitetônico, estrutural e das instalações complementares.

O surgimento de incompatibilidades é frequentemente atribuído à fragmentação do processo de elaboração do projeto, onde especialistas trabalham de forma isolada, carecendo de interação imediata. Segundo Gomes e Almeida (2021), esta separação sequencial entre os projetos reflete a dificuldade de comunicação efetiva, comprometendo a gestão de informações e a visão geral do empreendimento, sendo então, na fase de concepção que as falhas se instalam, exigindo intervenção corretiva na etapa de execução.

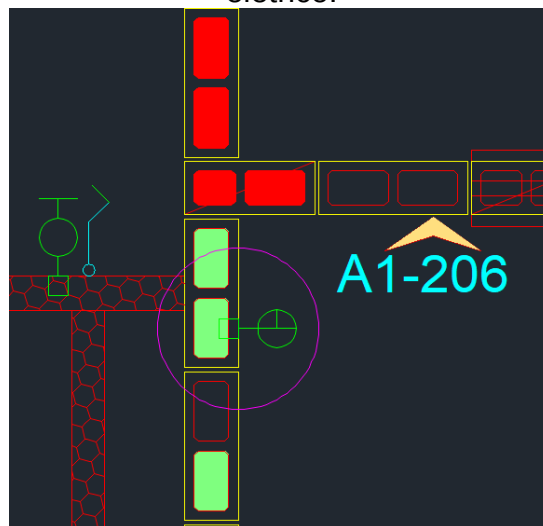
A análise gráfica manual em duas dimensões (2D) surge como a metodologia clássica para confrontar os desenhos, baseando-se na sobreposição de plantas arquitetônica, estrutural, elétrica, hidrossanitário, entre outros que se fizerem necessário, geralmente, no software AutoCAD. Essa técnica é fundamental para a identificação de interferências físicas permitindo uma verificação minuciosa das divergências dimensionais e de locação entre os elementos estruturais e as tubulações. Deste modo, garante-se a padronização e o alinhamento das informações (Pimentel *et al.*, 2020).

O propósito da compatibilização reside na antecipação de problemas que fatalmente demandariam intervenções no canteiro de obras, revisão do projeto estrutural, desperdícios de materiais, tempo e a deterioração da qualidade final do produto. Sob a perspectiva econômica, a ausência de um rigoroso processo de compatibilização tem impacto direto na elevação dos custos totais do empreendimento. O custo do retrabalho e da aquisição de materiais desnecessários representa uma soma considerável, sendo que o investimento na compatibilização resulta em economia significativa (Pimentel *et al.*, 2020).

A complexidade das interfaces entre a estrutura, arquitetura e as instalações complementares (hidráulica, sanitária, elétrica) exige atenção máxima na compatibilização 2D. A compatibilização de projetos revela, por exemplo, a necessidade de realizar pequenos ajuste entre as dimensões arquitetônicas e estruturais afim de se evitar a utilização de blocos compensadores para tornar a parede mais rígida, além de demarcar aberturas que necessitam de reposicionamento para encaixar na modulação, prever e identificar formas de melhor posicionamento do shaft e paredes hidráulicas, conforme Mohamad (2024).

No quesito de compatibilizar projeto estrutural e complementares, Mohamad (2024) apresenta que a sobreposição dessas plantas, permite verificar se existe potencial conflito entre elementos estruturais e de instalações. A Figura 23 exemplifica a detecção de conflito ao sobrepor os projetos estrutural e elétrico, evidenciando incompatibilidade em um mesmo ponto: o septo do bloco está demarcado simultaneamente para grauteamento (exigência estrutural) e para instalação de caixa de tomada (exigência elétrica). Como ambas as demandas não podem ser atendidas no mesmo local, torna-se necessário o reposicionamento de um dos elementos para resolução do conflito.

Figura 23 - Detecção gráfica de conflitos: sobreposição de projetos estrutural e elétrico.



Fonte: Autora (2026)

A detecção precoce no plano bidimensional é a medida mais assertiva para corrigir e garantir que o elemento estrutural preserve sua capacidade de carga projetada. A verificação da coerência dimensional transcende a detecção de choques físicos, abrangendo a uniformidade das cotas, elevações e espessuras dos elementos em todos os desenhos complementares. É importante que o projetista se dedique à equalização gráfica para que as representações no CAD 2D reflitam a realidade construtiva (Campos Neto e Furquim, 2022).

No método de compatibilização gráfica em CAD 2D, a eficácia do processo depende fundamentalmente da experiência e da acuidade visual do profissional responsável. A identificação de conflitos e soluções eficazes requerem um

conhecimento técnico apurado, pois o sistema por si só não aponta automaticamente os choques, como advertem Pimentel *et al.* (2020).

Embora a compatibilização tradicional em 2D mediante sobreposição de plantas continue sendo amplamente utilizada, a plataforma BIM (Building Information Modeling) representa evolução da compatibilização tradicional em 2D, contemplando elementos de forma tridimensional e possibilitando integração automatizada entre projetos de diferentes disciplinas, o que aumenta a precisão e facilidade na identificação de interferências, visto que a procura por interferências não depende apenas da visão humana. Entretanto, sua implementação demanda investimentos em softwares, equipamentos e capacitação profissional, barreiras que dificultam sua adoção em escritórios de pequeno porte (Pimentel *et al.*, 2020).

Segundo Campos Neto e Furquim (2022), para que o fluxo de trabalho manual em 2D se concretize com precisão, a figura do coordenador de projetos torna-se indispensável, visto que ele articula a troca de informações entre os projetistas. O coordenador é responsável por definir regras claras e sincronizar os prazos de entrega dos projetos iniciais e das suas revisões. Esta gestão do fluxo garante que a sobreposição dos projetos seja realizada com base em dados atualizados.

Desse modo, a compatibilização em CAD 2D, embora manual, constitui uma etapa não negociável do planejamento, pois assegura a qualidade da edificação e cumpre os requisitos de desempenho e durabilidade. O foco no detalhamento preventivo permite evitar a ocorrência de problemas que se manifestariam tardiamente. É fundamental que esta prática seja integrada à cultura da empresa, visando a racionalização plena do ciclo de vida da construção (Pimentel *et al.*, 2020).

2.6 ETAPAS DE PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo a NBR 16868-1 (ABNT, 2020), o projeto de estruturas de alvenaria deve atender aos requisitos de qualidade relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura, assegurando a segurança à ruptura e o adequado comportamento em situações normais de utilização. Para tanto, o desenvolvimento do projeto deve seguir etapas progressivas de detalhamento, partindo de concepções preliminares até a definição completa de todos os elementos construtivos.

Tauil; Nesse (2023), define o processo de projeto em relação a concepção de soluções em alvenaria estrutural, como:

(...) esforço temporário empreendido a partir da coleta de informações provenientes do cliente, que serão interpretadas, analisadas, discutidas, conceituadas e enquadradas legal e tecnicamente por uma equipe de profissionais e por uma equipe técnica, gerando um resultado exclusivo para a criação de uma edificação em alvenaria estrutural.

O desenvolvimento do projeto estrutural em alvenaria organiza-se tradicionalmente em três etapas principais, cada qual com objetivos específicos e níveis progressivos de detalhamento: estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo. A qualidade e a efetividade da compatibilização em cada uma dessas fases determinam diretamente a viabilidade técnica, a racionalização construtiva e a economicidade do empreendimento. Decisões inadequadas ou incompatibilidades não resolvidas nas etapas iniciais tendem a se amplificar ao longo do processo, resultando em retrabalhos, custos adicionais e, em casos extremos, inviabilização do sistema estrutural proposto (Tauil; Nese, 2023).

2.6.1 Estudo Preliminar

O estudo preliminar constitui a etapa inicial de concepção do sistema estrutural, na qual os requisitos funcionais e arquitetônicos são transformados em definições técnicas de estabilidade. Nesta fase, estabelecem-se os parâmetros fundamentais do projeto, muitas vezes chamados de volumetria do pavimento, visto que esses parâmetros inclui a forma geral da edificação, a definição das paredes necessárias para a estrutura, as espessuras das lajes e dimensões de aberturas, permitindo a definição dos elementos essenciais para desenvolvimento da modulação da primeira fiada do pavimento tipo e uma análise estrutural previa com cargas estimadas (Parsekian, 2022).

Frequentemente, o projeto arquitetônico inicial não contempla dimensões compatíveis com a modulação da alvenaria estrutural, tornando necessária a compatibilização entre as disciplinas arquitetônica e estrutural. Esse processo de ajuste pode demandar deslocamento, acréscimo ou redução de paredes, além de reposicionamento ou redimensionamento de aberturas (portas e janelas) e shafts destinados à passagem vertical de instalações. Tais adequações visam tornar os

ambientes modulados e tecnicamente viáveis para execução no sistema construtivo em alvenaria estrutural (Parsekian, 2022).

O ajuste da planta baixa e a definição das formas geométricas são passos primários para garantir que o sistema de alvenaria funcione como um todo resistente. Segundo Guimarães e Figueiredo (2019), essa articulação entre decisões arquitetônicas e estruturais é essencial para que o empreendimento alcance os níveis de produtividade e eficiência desejados. Desse modo, o estudo preliminar deve delimitar as soluções estruturais e os materiais, de modo a discernir a viabilidade técnica da construção antes de avançar para o detalhamento dimensional.

2.6.2 Anteprojeto

O anteprojeto caracteriza-se pelo dimensionamento dos elementos estruturais e pela compatibilização sistemática com os demais projetos. Nesta fase, o projeto arquitetônico apresenta-se mais detalhado, com definições de pé-direito, barrilete, casa de máquinas, reservatórios e acabamentos. É fundamental fornecer ao projetista estrutural um projeto arquitetônico bem definido, pois alterações posteriores tornam-se progressivamente mais complexas (Rocha, 2024).

Com o projeto arquitetônico atualizado referente a esta etapa, procede-se à revisão da modulação inicial estabelecida no estudo preliminar, incorporando os ajustes e definições arquitetônicas consolidadas. Realiza-se então a verificação da capacidade portante das paredes mediante estimativas mais precisas das cargas atuantes e o dimensionamento definitivo o projeto estrutural, calculando vergas, contravergas, verificação da laje, definição dos pontos que necessitarão de grauteamento e armação. Os produtos do anteprojeto apresentam nível de detalhamento significativamente superior ao estudo preliminar, incluindo plantas de primeira fiada com locação precisa das paredes e amarrações, planta dos pontos grauteados, cortes esquemáticos. Adicionalmente, são elaboradas as especificações técnicas preliminares dos materiais, definindo resistências características dos blocos, argamassa e graute (Tauil, Nesse, 2023).

Nessa etapa também inicia a compatibilização com os demais projetos complementares. Ao receber os projetos é realizado a compatibilização para averiguar conflitos como tubulações atravessando elementos estruturais, pontos elétricos coincidindo com grauteamento, aberturas que não foram alteradas pela arquitetura e

que está atrapalhando a modulação, e outras incompatibilidades que comprometeriam a execução. Modificações necessárias ainda podem ser implementadas nesta fase com custos relativamente reduzidos, tornando o anteprojeto o momento mais efetivo para compatibilização, quando já existe detalhamento suficiente para identificação precisa dos conflitos, mas ainda há flexibilidade para ajustes sem grandes impactos (Tauil, Nesse, 2023).

2.6.3 Projeto Executivo

O projeto executivo constitui a fase final e definitiva do desenvolvimento do projeto estrutural, apresentando o detalhamento completo de todos os elementos e informações necessárias para execução da obra, visto que a ausência desse nível de detalhe pode gerar conflitos e dúvidas na execução (Gomes, Almeida; 2021).

Esta etapa também se caracteriza-se pela última compatibilização dos detalhes finais e equalização de informações junto as demais disciplinas de arquitetura, elétrica, hidráulica e outras que estiverem envolvidas no projeto, pelo detalhamento em múltiplas escalas dos pontos críticos de execução e pela elaboração dos documentos complementares essenciais, incluindo memoriais descritivo e de execução, e diretrizes de controle da obra (Tauil, Nesse, 2023).

Os produtos do projeto executivo incluem plantas detalhadas das fiadas ímpar e par, indicando com precisão cada bloco, suas dimensões e posicionamento, plantas de grauteamento e arranque, com detalhamento completo de todas as armações, diâmetros, comprimentos, dobras, cotas e posicionamento, plantas das elevações das paredes, ilustrando a distribuição vertical dos componentes, detalhes construtivos de encontros de paredes, vergas e contravergas, especificações completas de materiais, incluindo resistências características, classes de argamassa, tipos de blocos e características do graute, e quantitativos (Tauil, Nesse, 2023).

A revisão final dos desenhos técnicos é indispensável para garantir a precisão e a compatibilidade dimensional entre o projeto de alvenaria e os demais complementares. Conforme Gomes e Almeida (2021), a qualidade do produto final está diretamente vinculada ao planejamento prévio, a gestão das informações deve ser rigorosa para que o projeto executivo elimine a necessidade de retrabalhos custosos e improvisações desnecessárias.

2.7 PATOLOGIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL

A NBR 15575 (ABNT, 2021) estabelece requisitos e critérios de desempenho para edificações habitacionais, abrangendo aspectos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade ao longo da vida útil do edifício. De forma convergente, Caporrino (2018) identifica que as edificações devem garantir requisitos fundamentais de desempenho, incluindo segurança estrutural, estanqueidade à água, conforto térmico, conforto acústico e durabilidade. A autora destaca que esses requisitos podem ser comprometidos por manifestações patológicas, as quais devem ser adequadamente prevenidas ou corrigidas para assegurar o desempenho satisfatório da edificação.

A segurança estrutural, primeiro e mais crítico desses requisitos, deve ser avaliada considerando dois aspectos distintos. É necessário verificar tanto o estado-limite último, relacionado à ruína da estrutura, quanto o estado-limite de serviço, que estabelece limites para formação de fissuras, deformações, falhas localizadas e outras avarias que possam comprometer o uso da edificação, sua durabilidade e a satisfação dos usuários. De forma que os sistemas estruturais devem manter a segurança estrutural durante a vida útil de projeto, sem ocorrência de ruína, perda de estabilidade ou deformações excessivas, conforme a NBR 16868-1 (ABNT, 2020).

Para garantir o atendimento a esses requisitos normativos e assegurar o desempenho adequado das edificações ao longo de sua vida útil, torna-se fundamental o estudo das manifestações patológicas que possam vir a comprometer os sistemas construtivos. A investigação das manifestações patológicas em sistemas de alvenaria estrutural constitui uma área de estudo fundamental para a garantia da longevidade e desempenho técnico das edificações contemporâneas. De fato, patologias na engenharia civil abrangem o estudo da origem, as formas de apresentação e de possíveis tratamento das anomalias na construção. Averigua-se nesta instância que tais anomalias representam não somente um prejuízo estético, mas também uma ameaça direta à capacidade de resistência das estruturas verticais, segundo Sousa, Marco e Florian (2024).

A origem dos fenômenos que afetam a qualidade do projeto, geralmente reside na negligência de critérios técnicos rigorosos ou na falta de coordenação entre as disciplinas complementares. Nesse sentido, de acordo com Sousa, Marco e Florian (2024), é possível ressaltar que falhas no cálculo de dimensionamento estrutural podem gerar patologias graves, como trincas e deformações excessivas,

comprometendo a segurança funcional. A complexidade do sistema e do projeto, faz com que tenha o risco de surgir manifestações patológicas como consequência de falhas em qualquer uma das etapas de projeto, exigindo que os detalhes construtivos sejam minuciosamente previstos na fase de concepção, evitando improvisações dispendiosas na fase executiva.

Segunda Mohamad (2024), fissuras, eflorescências, manchas, flechas excessivas, corrosão de armadura são algumas formas da estrutura apresentar as patologias e o conhecimento da sua origem é indispensável para evitar novas deterioração. As patologias estruturais podem ter origem devido carregamentos excessivos, ações do vento ou de eventos sísmicos, recalques diferenciais de fundação, falhas na concepção estrutural, eventos não previstos e na degradação natural dos materiais. O autor ainda pontua que o surgimento de patologias pode estar relacionado à falta de cuidados na fase de projeto, à escolha inadequada de materiais, à ausência de controle durante a execução da obra e à não realização de manutenções preventivas ao longo da vida útil da edificação.

2.7.1 Fissuras

Dentre as manifestações patológicas mais frequentemente observadas nas edificações, a ocorrência de fissuras destaca-se como uma das de maior incidência. As fissuras caracterizam-se como aberturas que se manifestam nas alvenarias, podendo ocorrer ao longo das juntas de assentamento ou, em situações mais severas, seccionar os próprios componentes da alvenaria. Essas aberturas constituem um mecanismo natural de alívio de tensões internas que se desenvolvem ao longo da vida útil da edificação ou em decorrência da atuação de diferentes agentes, como ações mecânicas, térmicas, higroscópicas e construtivas (Mohamad, 2024).

A correta identificação e classificação das fissuras é essencial para a avaliação do grau de comprometimento da estrutura. Segundo Moura, Miranda e Pinheiro (2021), fissuras apresentam aberturas de até 0,5 mm, enquanto trincas variam entre 0,5 mm e 1,5 mm. O Quadro 2, apresentado por Morais *et al.* (2020), estabelece a terminologia técnica utilizada no mapeamento da degradação, possibilitando que a análise do risco à segurança estrutural seja realizada com base em parâmetros dimensionais amplamente aceitos.

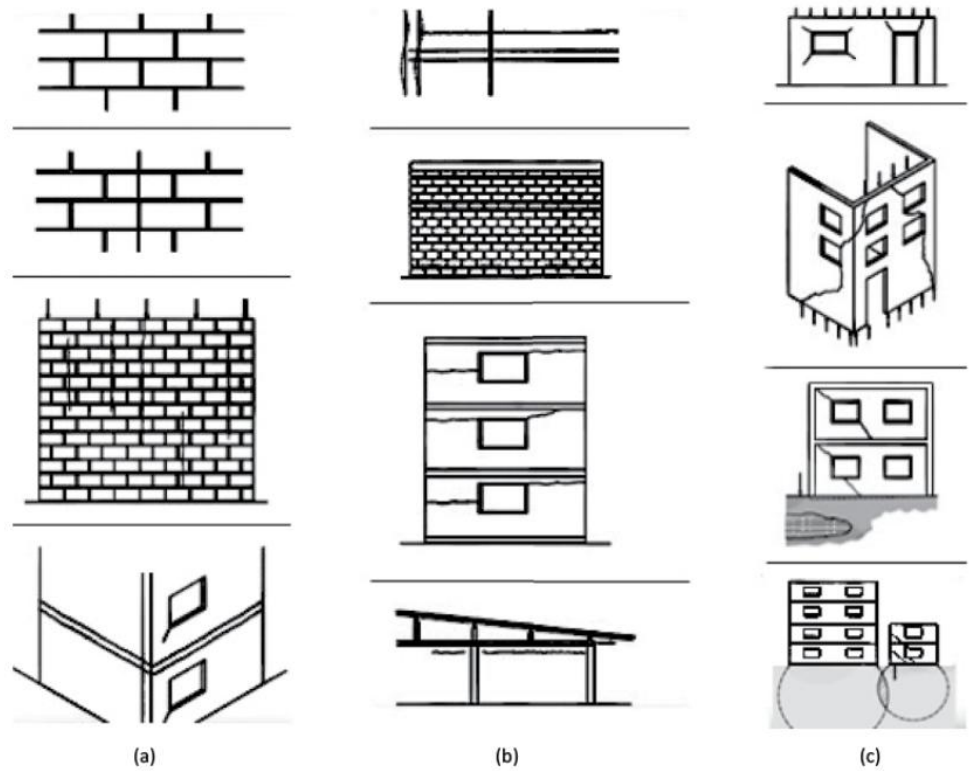
Quadro 2 - Critérios Classificatórios para Aberturas Lineares (Fissura, Trinca, Rachadura e Fenda) em Estruturas

Anomalia	Abertura (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Moraes *et al.* (2020)

Conforme apresentado por Mohamad (2024), na alvenaria estrutural as fissuras podem ser encontradas configuradas de forma vertical, horizontal e inclinadas, conforme ilustra a Figura 24.

Figura 24 - Configuração das fissuras na alvenaria estrutural



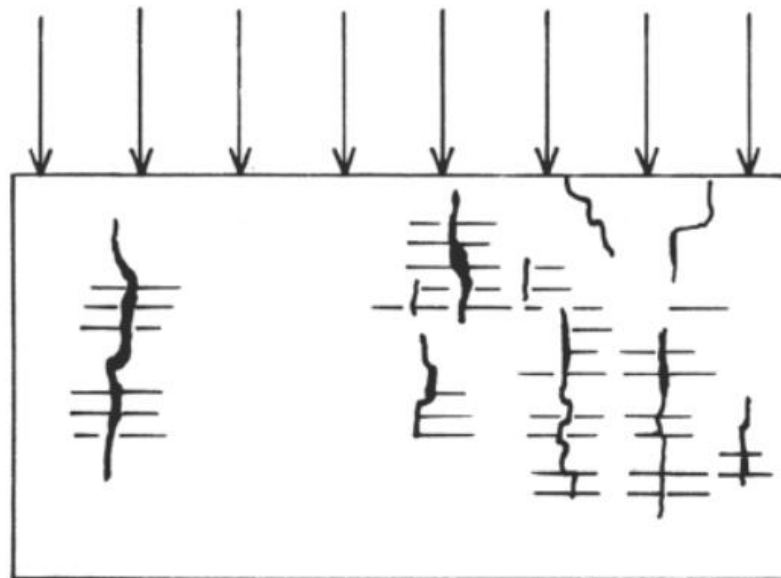
Fonte: Caporrino (2018)

2.7.1.1 Fissuras Verticais

As fissuras verticais estão, em geral, associadas à atuação de carregamentos excessivos à compressão, nos quais a argamassa apresenta deformações superiores às dos blocos, gerando esforços laterais de tração que podem provocar a fissuração vertical e, em casos mais críticos, a separação dos componentes da alvenaria. Essas fissuras podem ainda estar relacionadas à ação de cargas distribuídas e às movimentações higroscópicas dos materiais constituintes (Caporrino, 2018).

Segundo Thomaz (2020), as trincas verticais se trata do caso mais comum encontrado na alvenaria estrutural, são resultantes da deformação transversal da argamassa causada pela tensão de compressão, pela flexão local dos componentes. ou sobrecarga vertical.

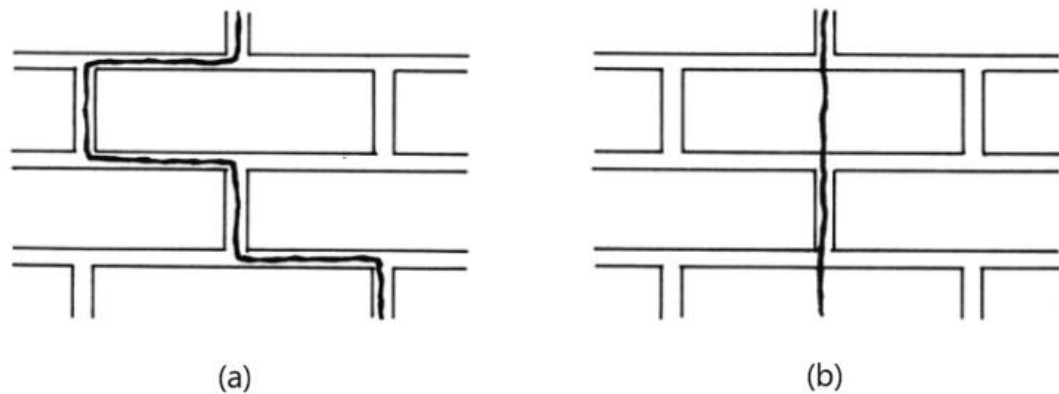
Figura 25 - Fissurações verticais.



Fonte: Thomaz (2020)

A forma como as fissuras verticais se desenvolve na alvenaria está relacionada às características mecânicas dos materiais envolvidos. Quando a resistência à tração dos blocos é superior à resistência da argamassa ou à aderência na interface argamassa-bloco, as fissuras tendem a se propagar ao longo das juntas de assentamento (Figura 26 – a). Por outro lado, quando a argamassa apresenta maior resistência que os componentes, as fissuras atravessam os próprios blocos (Figura 26 – b).

Figura 26 - Formas de fissuras verticais.

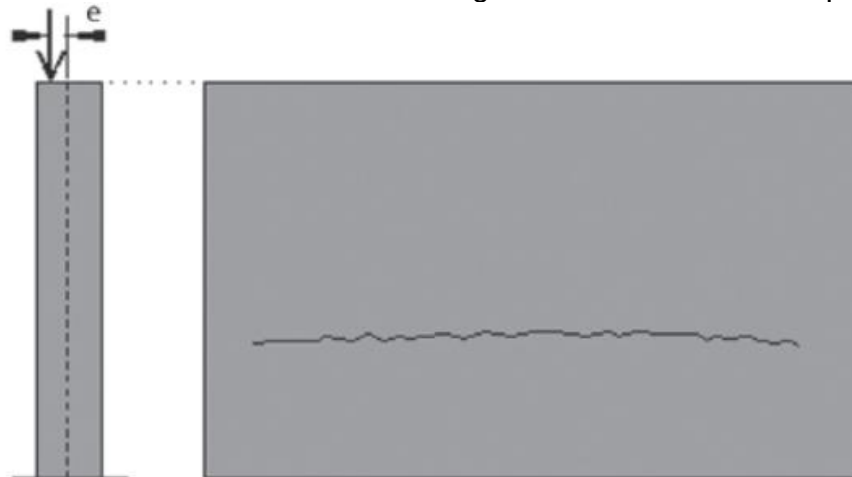


Fonte: Thomaz (2020)

2.7.1.2 Fissuras Horizontais

As fissuras horizontais também podem ocorrer em função de sobrecargas verticais atuando axialmente no plano da parede, da expansão diferenciada entre fiadas de blocos, da retração por secagem de grandes lajes ou ainda das movimentações térmicas na laje de cobertura, especialmente quando associadas à ausência de isolamento térmico e de impermeabilização adequados (Mohamad, 2024).

Figura 27 - Formas horizontal devida sobrecarga vertical e/ou flexocompressão.



Fonte: Thomaz (2020)

Figura 28 - Formas horizontal devida movimentação térmica da laje.



Fonte: Thomaz (2020)

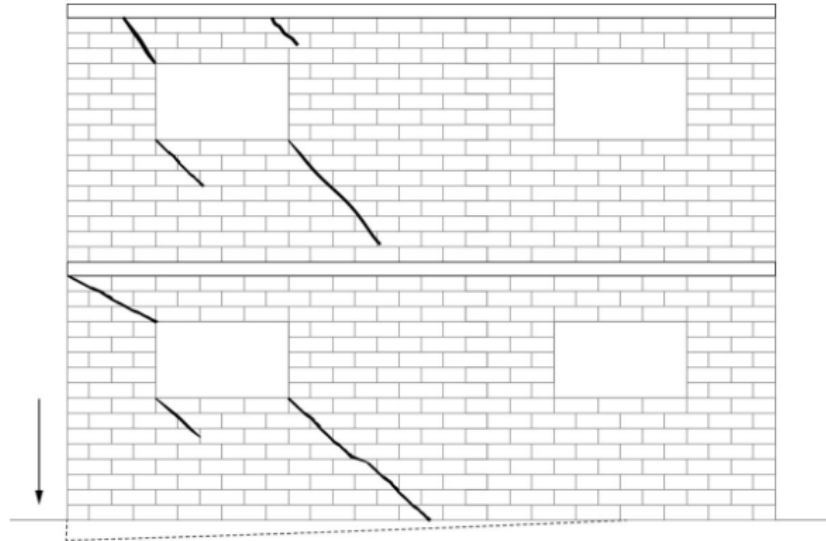
2.7.1.3 Fissuras Inclinadas

Já as fissuras inclinadas são comumente observadas em regiões de concentração de tensões, como nos contornos de aberturas, em situações de sobrecargas verticais concentradas sem a presença de elementos que possibilitem a adequada redistribuição dos esforços, ou em decorrência de recalques de fundação. (Mohamad, 2024).

2.7.1.3.1 Fissuras Inclinadas por Recalque Diferenciados

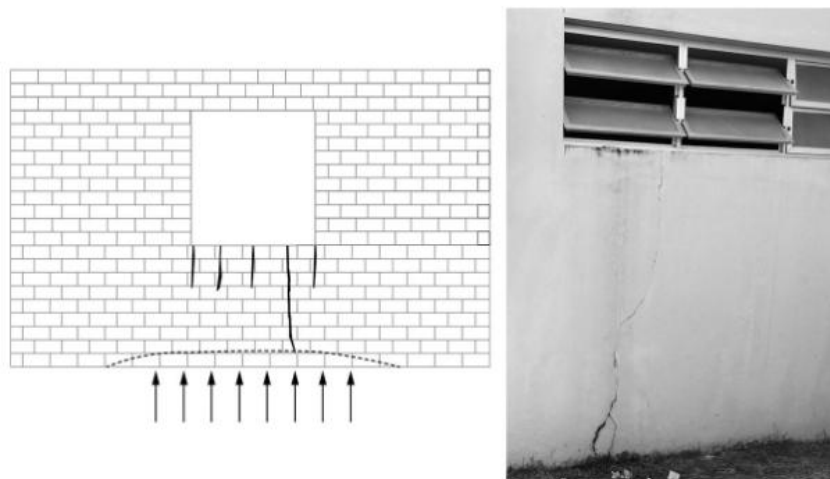
Um fator de alta relevância para a integridade da alvenaria estrutural é a estabilidade do solo e o dimensionamento da fundação, pois movimentações inesperadas podem causar tensões críticas. Os recalques diferenciados podem ocasionar fissurações e eles podem ser motivados por “falhas de projeto, rebaixamento de aquífero, camadas de solo com resistências diferentes ao longo da edificação, consolidação diferenciada de aterros e influência de edificações vizinhas” (Caporrino, 2018).

Figura 29 - Fissuras em alvenaria estrutural por recalques diferenciados.



Fonte: Caporrino (2018)

Figura 30 - Fissuras em alvenaria estrutural por fundação flexível.

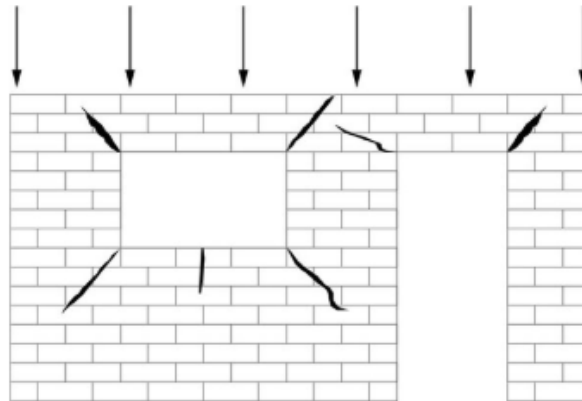


Fonte: Caporrino (2018)

2.7.1.3.2 Fissuras Inclínada por Concentração de Tensões em Aberturas

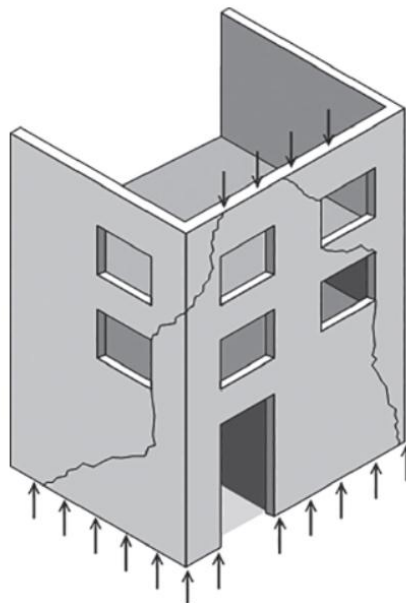
Outro fator que favorece a manifestação de fissuras na alvenaria estrutural é o mal dimensionamento dos elementos estruturais nas regiões de concentrações de tensões. As cargas verticais uniformemente distribuídas nas paredes geram concentração de tensões no contorno de aberturas de portas, janelas e vãos fazendo com que esse acúmulo provoque fissurações caso os elementos de vergas e contravergas não estejam corretamente dimensionados para absorver-las (Caporrino, 2018).

Figura 31 - Fissuras típicas localizados nos cantos de abertura devida sobrecarga.



Fonte: Caporrino (2018)

Figura 32 - Caminho preferencial das fissuras devida fragilidade por vãos.



Fonte: Thomaz (2020)

2.7.1.4 Fissuras devido a modulação

Além dos vértices de aberturas, a concentração de tensões pode provocar manifestações patológicas em outras regiões da estrutura devido à elevada compressão sofrida pelas paredes decorrente das cargas que atingem pontos específicos. Situações que demandam atenção especial ocorrem em paredes sem amarração, denominadas "paredes de pontas soltas", nas quais a ausência de travamento lateral reduz significativamente a capacidade resistente. Nesses casos,

torna-se necessário o grauteamento dos vazios dos blocos para aumentar a capacidade portante do elemento sem necessidade de especificar blocos com maior resistência característica (Kalil, s.d.)

Outra situação crítica que gera concentração de tensões ocorre em regiões onde são empregados blocos compensadores para ajuste da modulação ou em encontros de paredes que não foram devidamente amarradas (Figura 33).

Como apresentado no item 2.3.1., nesses pontos, a utilização de compensadores altera o posicionamento dos septos verticais, que deixam de estar sobrepostos em relação às fiadas adjacentes, resultando em distribuições de tensões diferentes das observadas em trechos com modulação regular (Valdemeri *et al.*, 2018). Essa alteração no caminhamento das tensões pode gerar concentrações localizadas que favorecem a formação de fissuras.

Figura 33 - Fissuras devida falta de amarração entre paredes



Fonte: Thomaz (2020)

2.7.2 Infiltração e problemas de Estanqueidade

Além das fissuras, manifestações patológicas como eflorescências e infiltrações de água são frequentes em alvenarias. Conforme Caporrino (2018), a presença de água nas edificações geralmente provoca manchas de umidade, corrosão, desenvolvimento de fungos e algas, redução da resistência de

componentes, deterioração e destacamento de revestimentos, variação dimensional dos materiais e componentes construtivos como consequência da variação de umidade e desencadeamento de processos químicos.

Por esse motivo o embutimento de tubulações para passagem de líquidos em paredes estruturais não é recomendado, pois problemas posteriores podem surgir e a presença de água pode ocasionar problemas na estrutura, além disso fatores como falhas na execução ou ausência de elementos construtivos como pingadeiras, configuração geométrica das fachadas que direcione o fluxo de água para regiões vulneráveis, deficiências no isolamento térmico e impermeabilização de lajes, e inclinações inadequadas em superfícies horizontais podem favorecer infiltrações (Mohamad, 2024).

Figura 34 - Escoamento inadequado da água



Fonte: Mohamad (2024)

Figura 35 - Deslocamento do revestimento



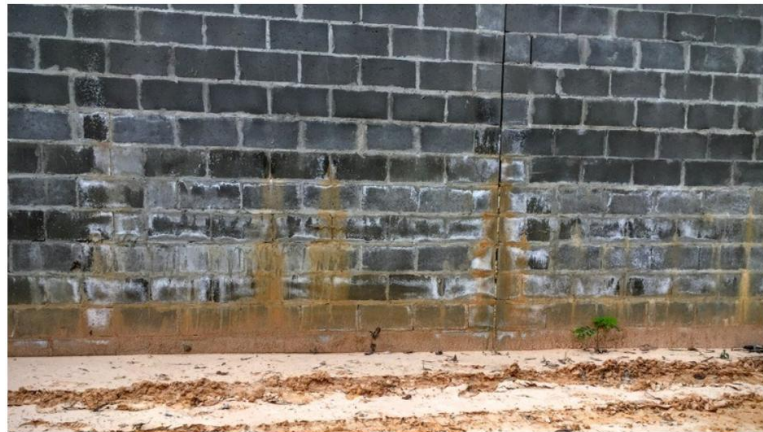
Fonte: Mohamad (2024)

Figura 36 - Deslocamento do revestimento externo



Fonte: Mohamad (2024)

Figura 37 - Eflorescência em bloco de concreto



Fonte: Neves (2024)

2.7.3 Materiais e execução na obra

O sistema também está sujeito a problemas relacionados com a execução do projeto, também por falha na mão de obra, quanto na falha de compatibilizar os projetos. Essas incompatibilidades frequentemente resultam em aberturas não previstas nas paredes estruturais para acomodação de instalações, comprometendo tanto a estanqueidade quanto a capacidade resistente dos elementos (Nevez e Vasquez, 2021).

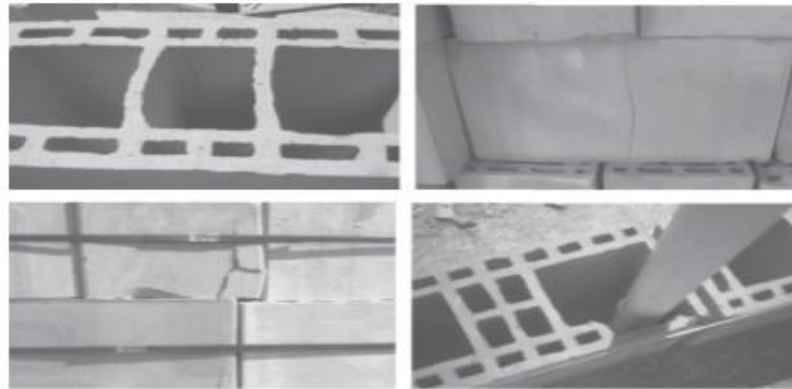
Segundo Mohamad (2024), a quebra de blocos estruturais para passagem de tubulações frequentemente decorre de erros na locação dos pontos hidrossanitários e elétricos, comprometendo a integridade estrutural do sistema (Figura 38) e o uso de blocos defeituosos constitui uma importante causa de patologias em alvenaria estrutural, seja por problemas de fabricação, transporte, armazenamento ou falhas durante a execução (Figura 39).

Figura 38 - Blocos rasgados



Fonte: Cedido pela empresa (2025)

Figura 39 - Blocos defeituosos



Fonte: Mohamad (2024)

2.7.4 Relação entre Patologias e Compatibilização

A prevenção é o método mais eficaz e economicamente viável, visto que o custo de recuperação das estruturas patológicas aumenta exponencialmente à medida que o tempo decorre após a falha. Segundo Nevez e Vasquez (2021), é fundamental que as estruturas sejam analisadas de forma consistente e detalhadas para a sua compreensão. A recuperação de alvenarias com danos estruturais somente deve ser realizada após um diagnóstico preciso, que compreenda todas as causas e o comportamento global da estrutura.

A análise das diversas manifestações patológicas identificadas evidencia uma relação direta entre a ocorrência dessas anomalias e a adequação do processo de compatibilização entre projetos. Falhas na compatibilização durante as fases de

estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo resultam em interferências não resolvidas que se manifestam como patologias durante ou após a execução da obra.

Perfurações inadequadas, embutimentos não planejados e aberturas não modulares são exemplos de situações que surgem quando a compatibilização não é adequadamente realizada, gerando concentrações de tensões e consequente fissuração. A prevenção dessas manifestações patológicas depende fundamentalmente da adequada coordenação entre as disciplinas de projeto nas fases iniciais de desenvolvimento, quando modificações ainda podem ser implementadas com custos e impactos reduzidos (Caporrino, 2018).

Ressalta que a falha no dimensionamento, como a integridade estrutural deficiente ou o contraventamento inadequado, é um precursor de patologias complexas. A fissuração e as deformações excessivas comprometem a segurança e a viabilidade econômica. Para garantir a durabilidade e o desempenho esperado, o profissional deve ser proativo, investindo em qualidade de materiais, controle de execução e manutenção predial, evitando, assim, os onerosos custos corretivos. Deve-se notar que a recuperação da estrutura posterior ao término da construção é muito maior se comparado à intervenção no projeto (Nevez e Vasquez, 2021).

Desse modo, o conhecimento das falhas mais comuns é um fator fundamental para a tomada de decisões relativas aos procedimentos a serem adotados no projeto de alvenaria estrutural, garantindo a sua longevidade, conforme o que é constatado por Moraes *et al.* (2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia adotada no desenvolvimento deste trabalho consiste em uma pesquisa descritiva sobre o processo de compatibilização de projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico executado durante a elaboração do projeto estrutural do pavimento tipo de um edifício em alvenaria estrutural, bem como sobre as possíveis patologias relacionadas ao sistema construtivo.

A pesquisa fundamenta-se em um estudo de caso do processo de compatibilização, complementado por revisão bibliográfica sobre alvenaria estrutural, etapas de desenvolvimento de projetos, compatibilização e manifestações patológicas relacionadas a falhas nesse processo.

3.2 MATERIAIS

Para a realização deste trabalho foram empregados diferentes tipos de materiais e ferramentas, como normas técnicas brasileiras, artigos científicos, manuais técnicos, livros especializados e outras publicações acadêmicas relacionadas à alvenaria estrutural, compatibilização de projetos e patologias para sustentar a fundamentação teórica.

Como objeto de utilização para a pesquisa se teve arquivos do projeto estrutural, arquitetônico, elétrico e hidráulico cedido por uma empresa estrutural com alta performance na área de projetos no estado de São Paulo. Além dos documentos cedidos para a realização da compatibilização, utilizou-se softwares nas versões estudantis oferecido pela universidade. São eles:

- a) Autodesk AutoCAD 2024
- b) TQS Alvest 2025
- c) Microsoft Excel 2021

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Estudo Teórico

A revisão bibliográfica foi realizada com o propósito de reunir informações sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural, os processos de compatibilização de projetos, etapas de elaboração de projetos estruturais e as patologias associadas a falhas nessa etapa.

Para tanto, foram consultadas bases de dados científicas como Google Acadêmico e Portal de Periódicos CAPES, e bibliotecas como Toca Livros, Minha Biblioteca e Biblioteca Virtual utilizando termos de busca em português e inglês relacionados a alvenaria estrutural, compatibilização de projetos e patologias. As pesquisas resultaram em dezenas de trabalhos, dos quais foram selecionados aqueles com maior relevância técnico-científica, priorizando estudos de caso, análises comparativas, manifestações patológicas presente na alvenaria estrutural e pesquisas que estabelecessem relações entre falhas de projeto e manifestações patológicas.

Além de artigos científicos, foram analisadas normas técnicas brasileiras (especialmente a série NBR 16868, NBR 6136 e NBR 15873), livros especializados de autores reconhecidos e manuais.

3.3.2. Caracterização do Empreendimento

O empreendimento disponibilizado para estudo e demonstração do processo de compatibilização consiste em um edifício residencial executado através do sistema construtivo de alvenaria estrutural adotando blocos de concreto, composto por pavimento térreo, três pavimentos tipo e cobertura com espaço destinado a reservatórios. O pavimento térreo e os pavimentos tipo abrigam quatro unidades residenciais (apartamentos) em cada andar, os quais foram o foco para demonstração da compatibilização.

Para a realização deste estudo, foram disponibilizados os seguintes documentos de projeto:

- a) Projetos arquitetônicos e estrutural nas fases de estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo;
- b) Projetos complementares de instalações elétricas e hidráulicas na fase de projeto executivo;
- c) Plantas de elevações, grauteamento, elaboradas pela equipe responsável pelo projeto estrutural em alvenaria.

Nos Apêndices A, B, C e D constam imagens dos projetos utilizados para realização da compatibilização.

3.3.3 Processo de Compatibilização

Esta etapa central do trabalho concentrou-se na demonstração prática da realização da compatibilização de projetos em edificações de alvenaria estrutural. O processo adotado fundamentou-se na análise dos projetos de diferentes disciplinas e de acordo com as fases presentes na elaboração deste projeto, conforme a sequência de compatibilizações a seguir:

- a) Arquitetura x Estrutural em fase de estudo preliminar
- b) Arquitetura x Estrutural em fase de ante projeto
- c) Arquitetura x Estrutural em fase de projeto executivo
- d) Elétrica x Estrutural em fase de projeto executivo

e) Hidráulica x Estrutural em fase de projeto executivo

As verificações abrangeram múltiplos aspectos dos componentes de cada projeto, incluindo sua posição, configuração geométrica, dimensionamento e características técnicas especificadas. A análise não se limitou às representações em planta baixa, incorporando também detalhes construtivos, representações em corte, elevações de paredes estruturais, desenhos de instalações e todas informações existentes que contribuísse para a compreensão global do projeto e para a detecção de possíveis incompatibilidades.

Os arquivos provenientes das diversas disciplinas foram padronizados em termos de escala de representação, referências espaciais de coordenadas e organização de camadas gráficas (layers), viabilizando a sobreposição precisa dos desenhos e a visualização conjunta de elementos de diferentes projetos. Para a realização desse procedimento, contou com o auxílio de ferramentas computacionais, principalmente o software AutoCAD, permitindo a identificação de interferências físicas e incompatibilidades dimensionais.

Iniciou-se pela análise conjunta das disciplinas de arquitetura e estrutura. Nesta fase, investigou-se a viabilização e conferência do projeto arquitetônico entre os componentes que compõem o sistema estrutural (paredes com função portante, elementos de travamento como vergas e contravergas) e aqueles de natureza arquitetônica (divisórias sem função estrutural, aberturas destinadas a portas e janelas, componentes de revestimento). Dedicou-se especial atenção à verificação do atendimento aos princípios de coordenação modular, ao posicionamento das aberturas em relação aos elementos resistentes e à coerência dimensional, uma vez que a adequação desses aspectos é determinante para o desempenho estrutural e funcional de edificações em alvenaria estrutural.

Uma vez concluída a compatibilização da fase de estudo preliminar entre as disciplinas de arquitetura e estrutura, incorporou-se à análise em outras fases, até o momento de entrega final, passando por ante projeto e projeto estrutural, momento em que finaliza o detalhamento do projeto. Uma vez que a compatibilização estrutural e arquitetônica foi finalizada, inicia-se a compatibilização dos projetos de instalações hidráulicas e elétricas, confrontando-os com os elementos previamente verificados dos projetos arquitetônico e estrutural. Para o sistema hidrossanitário enfatizou-se particularmente a detecção de situações nas quais tubulações verticais ou horizontais atravessassem elementos com função estrutural, a adequação dos espaços técnicos

(shafts) e aberturas previstas para passagem de instalações, além da identificação de eventuais conflitos entre diferentes redes de instalações concentradas em uma mesma região espacial.

Procedimento similar foi aplicado ao projeto de instalações elétricas, no qual se verificou o posicionamento de prumadas de alimentação elétrica, percursos de condutos para passagem de fiação, localização de dispositivos de proteção e distribuição, caixas de derivação e pontos terminais de utilização, sempre cotejando essas informações com os componentes estruturais e demais sistemas previamente analisados, buscando identificar interferências potenciais.

O registro das incompatibilidades detectadas ao longo do processo foi realizado de maneira estruturada, empregando-se quadros organizacionais desenvolvidos para contemplar a caracterização precisa dos componentes em conflito, a categorização da natureza da interferência observada, o detalhamento da problemática identificada e a indicação de alternativas técnicas para sua resolução.

Com o propósito de facilitar a rastreabilidade e as referências cruzadas, cada incompatibilidade detectada foi numerada para posteriormente estabelecimento posterior de correlações entre as falhas de compatibilização identificadas e as manifestações patológicas potencialmente associadas, contribuindo assim para a apresentação estruturada dos resultados da pesquisa.

3.3.4 Parâmetros adotados para modulação

Para dar início da modulação, a engenharia de alvenaria estrutural viabilizou a execução utilizando bloco de concreto vazado de família 14. O comprimento modular do bloco inteiro corresponde a 40 cm (39 cm do bloco + 1 cm de junta vertical), e o meio bloco corresponde a 20 cm (19 cm + 1 cm de junta). No entanto, essa família exige blocos complementares de 35 cm (20 cm + 15 cm) e de 55 (40 cm + 15 cm), também denominados de bloco L e T, correspondentemente, pois a largura não é um submúltiplo do módulo básico de 20 cm (Grassiotto, 2023). A partir dessa definição, a equipe de projeto estrutural analisou todas as dimensões da planta arquitetônica e propôs os ajustes necessários para que as medidas se tornassem adequadas.

Para blocos da família 39, estabeleceu-se empiricamente uma regra prática amplamente utilizada por projetistas: medidas em centímetros que terminam em 0, 1 ou 6 dispensam o uso de blocos compensadores, conceito esse aplicado nos

escritórios estruturais para auxiliar nas paredes que devem ser ajustadas para permitir a modulação e sistematicamente aplicado durante o processo de compatibilização dimensional do empreendimento, orientando as decisões de ajuste das medidas originais da arquitetura.

3.3.5 Incompatibilidades e possíveis patologias

Concluída a identificação das incompatibilidades, desenvolveu-se uma análise das relações entre essas falhas e as patologias em edificações de alvenaria estrutural. O objetivo foi demonstrar como a ausência ou inadequação da compatibilização pode resultar em manifestações patológicas que comprometem o desempenho e a durabilidade das construções.

Para cada incompatibilidade identificada, investigou-se quais patologias poderiam se desenvolver caso não resolução prévia da não conformidade. A análise contemplou a natureza do potencial manifestação (fissuras, trincas, infiltrações, perda de capacidade resistente).

A correspondência entre incompatibilidades e patologias foi organizada em quadros comparativos sintetizando o tipo de incompatibilidade, as consequências, e as medidas preventivas que a compatibilização adequada proporcionaria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

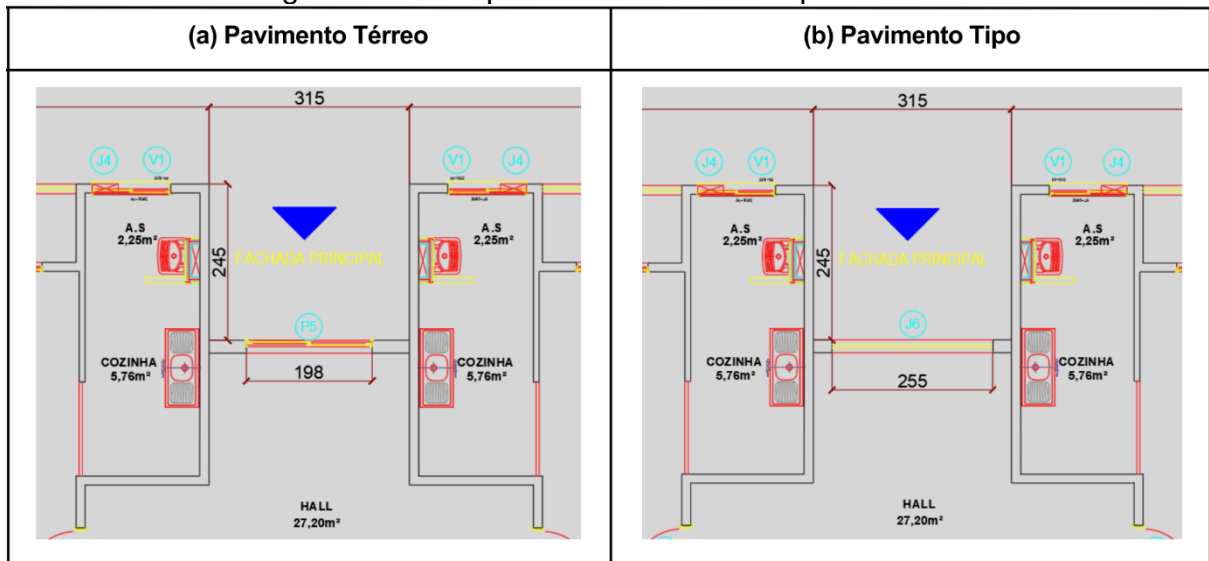
4.1. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

4.1.1 Compatibilização entre Projeto Arquitetônico e Estrutural em fase de Estudo Preliminar

A verificação inicial concentrou-se na análise da continuidade vertical das paredes estruturais entre o pavimento térreo e o pavimento tipo, considerando que descontinuidades podem demandar soluções estruturais específicas, como vigas de transição ou reforços localizados.

A comparação entre os pavimentos evidenciou apenas uma divergência dimensional localizada na região do hall. No pavimento térreo, verifica-se uma abertura destinada à porta com largura de 198 cm, enquanto no pavimento tipo a mesma região apresenta abertura de janela com largura de 255 cm (Fig. 40).

Figura 40 - Comparativo do Hall entre pavimentos



Fonte: Autora (2025)

Com isso as soluções estruturais serão praticamente iguais, sofrendo alteração apenas na região do hall devido a necessidade de instalação da porta.

4.1.1.1 Compatibilização dos parâmetros geométricos globais

No processo de compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural, foi identificada a necessidade de ajuste em um parâmetro global da edificação, relacionado ao pé-direito dos pavimentos.

O projeto arquitetônico previa inicialmente um pé-direito de 2,80 m. Entretanto, com o andamento das fases de projeto e por solicitação final da arquitetura, o projeto final foi compatibilizado considerando o pé-direito dos pavimentos de 2,70 metros, no entanto, devido a análise estrutural do empreendimento foi necessário laje com espessura de 12 cm, resultando em 2,72 m de piso a piso.

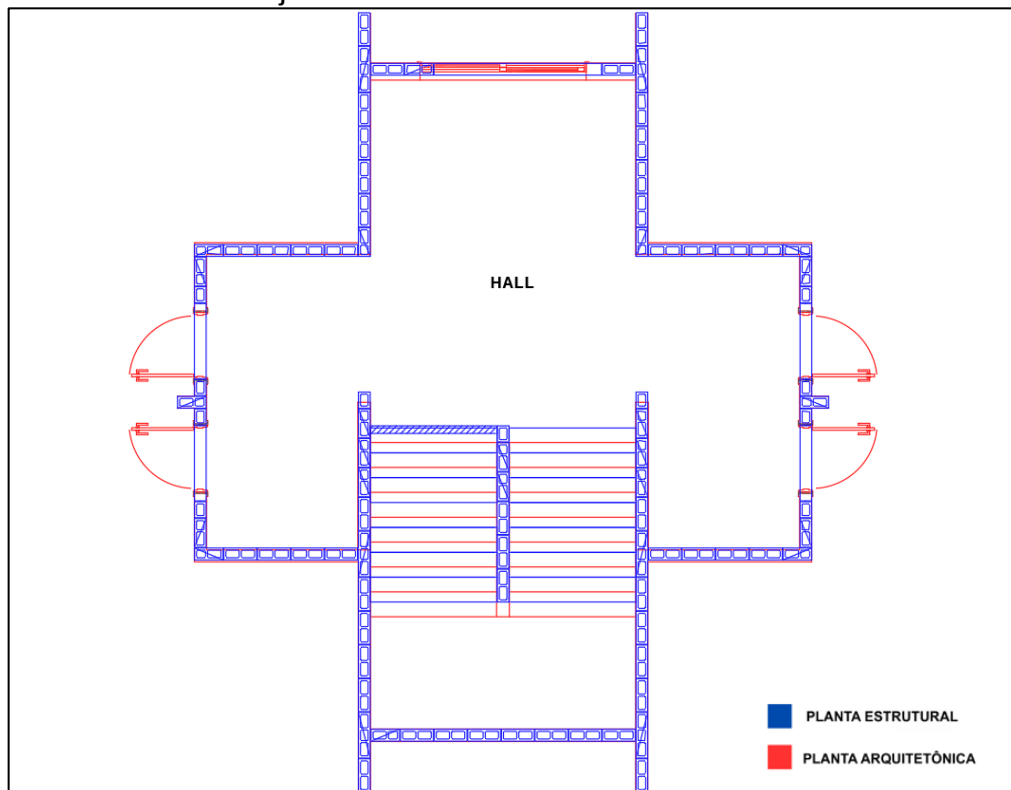
Essa alteração possibilitou o atendimento às exigências do sistema estrutural sem prejuízo significativo aos aspectos arquitetônicos, evidenciando a importância da definição conjunta dos parâmetros geométricos ainda nas fases iniciais de projeto, especialmente em sistemas construtivos como a alvenaria estrutural, nos quais as dimensões apresentam influência direta na modulação e na execução da obra. A partir dessa compatibilização, o projeto arquitetônico deve incorporar as alterações necessárias, de modo a garantir o desenvolvimento das etapas subsequentes com o máximo nível de compatibilidade entre as disciplinas.

4.1.1.2 Compatibilização Dimensional: Adequação das dimensões arquitetônicas à coordenação modular

No empreendimento analisado, composto por quatro unidades habitacionais por pavimento, optou-se por realizar a análise detalhada em uma unidade representativa, considerando que as demais apresentam configuração espacial idêntica, apenas espelhadas ou rotacionadas.

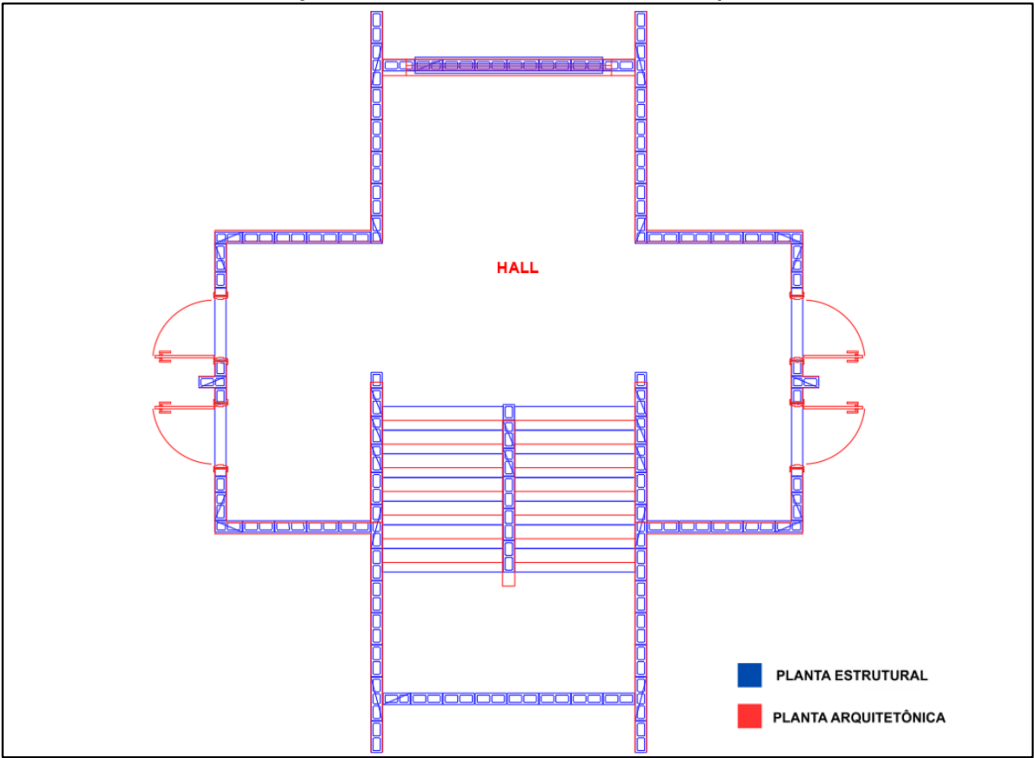
A comparação entre a planta arquitetônica original e a planta básica estrutural evidenciou a necessidade de ajustes dimensionais para adequação à coordenação modular do sistema em alvenaria estrutural. As figuras a seguir apresenta a sobreposição das plantas, em fase de estudo preliminar, arquitetônica e estrutural do empreendimento, cuja já está com as adequações realizadas pela equipe.

Figura 41 - Sobreposição da planta arquitetônica e projeto estrutural inicial com ajustes modulares do hall do térreo



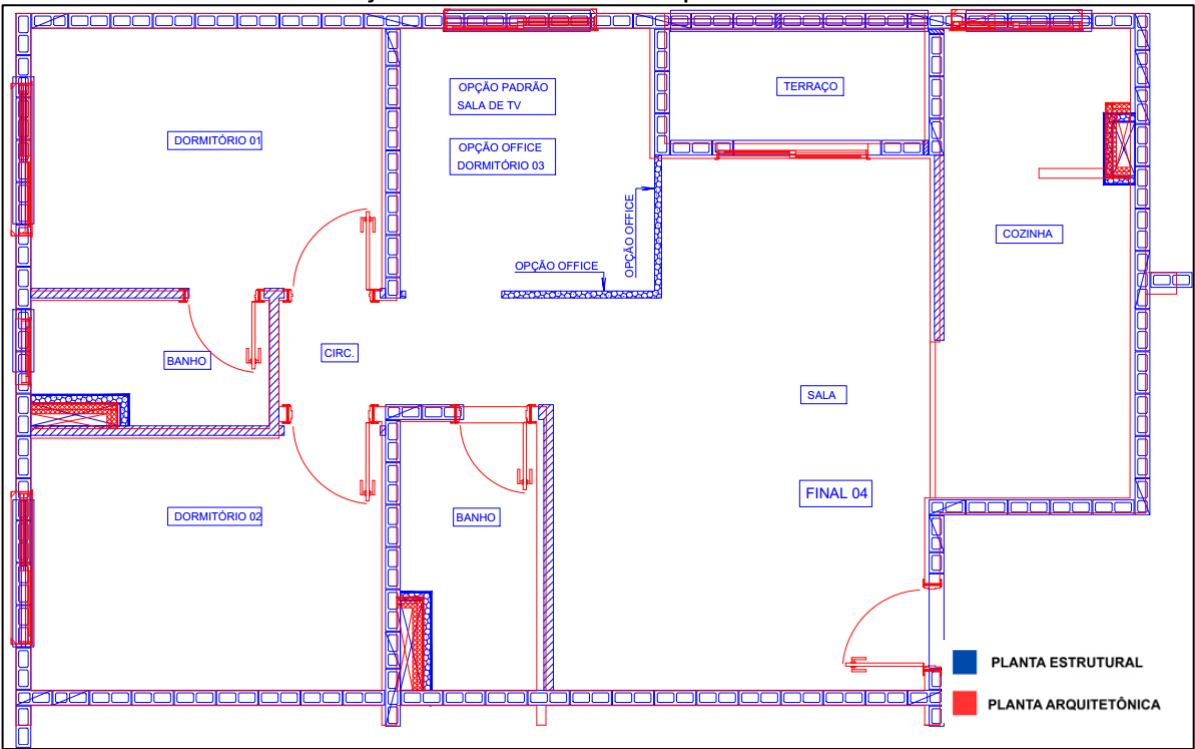
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos projetos cedidos (2025).

Figura 42 - Sobreposição da planta arquitetônica e projeto estrutural inicial com ajustes modulares do hall do tipo



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos projetos cedidos (2025).

Figura 43 - Sobreposição da planta arquitetônica e projeto estrutural inicial com ajustes modulares do apartamento



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos projetos cedidos (2025).

A comparação entre as plantas arquitetônica e estrutural permitiu identificar as alterações necessárias para compatibilização entre o sistema estrutural em alvenaria e o projeto arquitetônico inicial, bem como registrar as justificativas técnicas associadas a cada modificação.

Durante o processo de modulação estrutural, foram identificados ajustes em diferentes ambientes da unidade habitacional. As incompatibilidades encontradas estiveram relacionadas principalmente às dimensões internas dos ambientes, às dimensões das aberturas de portas e janelas não compatíveis com as medidas modulares e ao posicionamento dessas aberturas, que em alguns casos não favoreciam a modulação do sistema estrutural.

Como forma de ilustrar o processo de compatibilização dimensional realizado, apresenta-se a seguir um exemplo representativo identificado no pavimento térreo no ambiente do hall. No ambiente do hall foram identificadas alterações decorrentes da necessidade de adequação do projeto arquitetônico à coordenação modular do sistema em alvenaria estrutural.

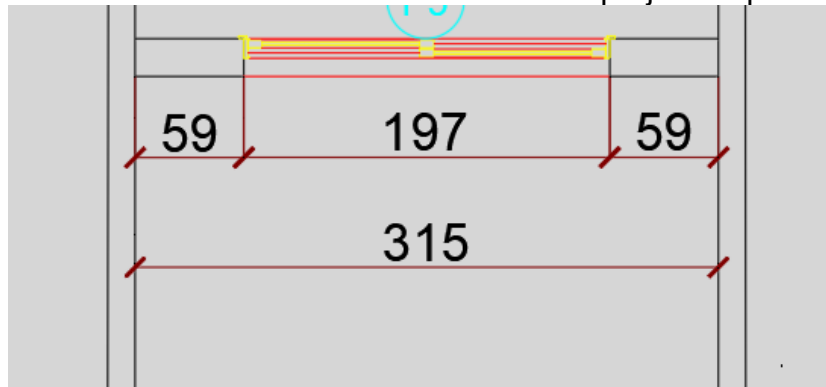
A primeira alteração refere-se ao ajuste dimensional do ambiente, cuja largura foi ampliada de 315 cm para 316 cm (Figura 44 e 46). Essa modificação foi aplicada em todos os pavimentos e mostrou-se necessária para possibilitar a correta aplicação da coordenação modular utilizando blocos da família de 14, considerando juntas de assentamento de 1 cm.

A segunda alteração relaciona-se à abertura de acesso. No projeto arquitetônico inicial era especificada uma abertura de 197 cm centralizada na parede (Figura 44). Entretanto, essa dimensão não corresponde a uma medida padronizada de abertura. Dessa forma, adotou-se uma abertura de 201 cm “em osso”, ou seja, medida bruta sem considerar os acabamentos, já incluindo as folgas necessárias para a instalação do caixilho e apresentando melhor compatibilidade com a modulação estrutural (Figura 46).

Além do ajuste dimensional da abertura, verificou-se incompatibilidade na sua posição em relação à modulação da parede. Com o vão de 201 cm posicionado no eixo central, restariam 58,5 cm em cada lateral da abertura, dimensão incompatível com a coordenação modular. A tentativa de modulação resultaria em uma sobra de aproximadamente 3,5 cm em cada lado (Figura 45), o que demandaria o uso de peças compensadoras inadequadas para a região adjacente à abertura.

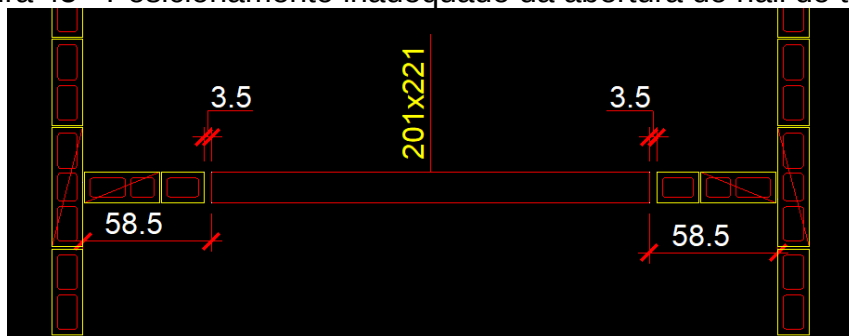
Diante dessa situação, a solução adotada (Figura 46) consistiu no deslocamento da abertura em relação ao eixo central da parede, permitindo que os trechos laterais fossem executados com blocos inteiros e especiais (bloco L), eliminando a necessidade de compensadores.

Figura 44 - Abertura de acesso ao edifício no projeto arquitetônico



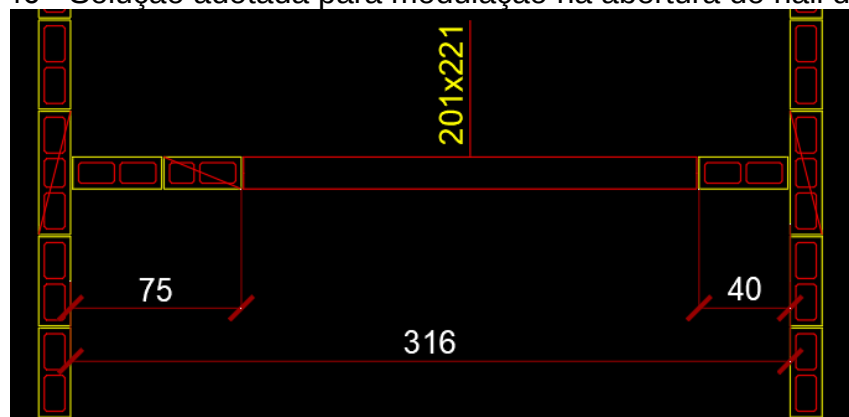
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura 45 - Posicionamento inadequado da abertura do hall do térreo



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 46 - Solução adotada para modulação na abertura do hall do térreo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

Caso essa compatibilização não fosse realizada na etapa de projeto, durante a execução da obra seria necessário realizar cortes nos blocos para adequação à medida disponível, procedimento incompatível com os princípios de racionalização construtiva da alvenaria estrutural.

Essa modificação não compromete os aspectos funcionais ou estéticos do acesso, ao mesmo tempo em que garante a racionalização construtiva e a adequada aplicação da coordenação modular no sistema estrutural.

Após a análise detalhada do ambiente do hall, observou-se que incompatibilidades semelhantes ocorreram em outros ambientes da unidade habitacional, envolvendo principalmente ajustes dimensionais de ambientes, adequação das dimensões de aberturas e reposicionamento de portas e janelas para atendimento à modulação estrutural.

Essas ocorrências foram sistematizadas no Quadro 3, no qual são apresentados os ambientes analisados, os elementos afetados e os ajustes realizados durante o processo de compatibilização. As imagens correspondentes às situações apresentadas encontram-se no Apêndice E.

Quadro 3 - Incompatibilidades identificadas e ajustes realizados para adequação modular estrutural do pavimento tipo

Nº	Figura	Ambiente	Elemento analisado	Tipo de Ajuste	Situação arquitetônica	Após modulação
1	E.1	Hall	Parede	Ajuste modular	Espessura da parede de 20 cm	Espessura da parede para 14 cm
2	E.1- E.3	Hall	Janela	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 256 cm centralizada, interferindo no septo do bloco	Abertura ajustada para 236 cm centralizada
3	E.4- E.6	Cozinha / Área de serviço	Janela	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 124 cm decentralizada, interferindo no septo do bloco	Abertura ajustada para 121 cm e posicionada de forma a não provocar quebra de blocos

4	E.7	Cozinha / Área de serviço	Dimensão do ambiente	Ajuste dimensional do ambiente	Ambiente de 181 x 444 cm	Ambiente com 181x 446 cm
5	E.8 e E.10	Terraço	Dimensão do ambiente	Ajuste dimensional do ambiente	Ambiente de 246 x 108 cm	Ambiente com 246 x 106 cm
6	E.8- E.9	Terraço	Porta	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 143 cm, posicionamento que demandaria o uso de compensadores em suas laterais	Abertura ajustada para 141 cm e posicionada de sem interferência de blocos e compensadores na lateral da abertura
7	E11 e E12	Sala de Estar	Janela	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 144 cm com posição interferindo no septo dos blocos	Abertura ajustada para 141 cm e posicionada encaixando na modulação
8	E11 e E12	Sala de Estar	Dimensão do ambiente	Ajuste dimensional do ambiente	Ambiente de 240 x 256 cm (medidas não moduláveis)	Ambiente ajustado para medidas moduláveis de 241 x 155 cm
9	E12 (a)	Sala de Estar	Predes em drywall	Sugestão de fechamento opcional no ambiente	Ambiente sem parede drywall, totalmente integrado a sala de jantar	Ambiente com opção de fechamento
10	E11 e E12	Sala de Estar / Dormitório 1	Parede	Ajuste dimensional	Parede com comprimento não modulável de 257 cm	Parede ajustada para a medida modulável de 256
11	E13 e E14	Dormitório 1	Dimensão do ambiente	Ajuste dimensional do ambiente	Ambiente de 332 x 248 cm (medidas não moduláveis)	Ambiente ajustado para medidas moduláveis de 336 x 246 cm

12	E13 e E14	Dormitório 1	Janela	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 144 com posição interferindo no septo dos blocos	Abertura ajustada para 141 cm e posicionada encaixando na modulação
13	E13 e E14	Dormitório 1	Paredes em drywall	Ajuste das paredes	Sem alinhamento com parede estrutural e medias não convencionais para portas	Posicionamento para seguir a parede estrutural e portas com dimensões padronizados
14	E15 e E16	Banho 1	Janela	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 62 com posição interferindo no septo dos blocos	Abertura ajustada para 61 cm e posicionada encaixando na modulação
15	E17 e E18	Dormitório 2	Janela	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 144 com posição interferindo no septo dos blocos	Abertura ajustada para 141 cm e posicionada sem interferência nos septos dos blocos
16	E17 e E18	Dormitório 2	Dimensão do ambiente	Ajuste dimensional do ambiente	Ambiente de 332 x 239 cm (medidas não moduláveis)	Ambiente ajustado para medidas moduláveis de 336 x 241 cm
17	E17 e E18	Dormitório 2	Porta	Ajuste estrutural e dimensional	Porta de 83 cm localizada em parede estrutural de 14 cm alinhada ao final da parede interna do quarto. Ficando apenas 7 cm em uma das suas extremidades, não permitindo amarração.	Porta de 91 cm (padronizada) reposicionada em continuidade a parede drywall (não estrutural) do quarto com divisa do banheiro

18	E15 e E16	Banho 1	Predes em drywall	Ajuste da dimensão do ambiente	Ambiente em drywall contribuindo para medidas não modulares dos dormitórios ao lado (226 x 121)	Paredes posicionadas de forma harmônica com a alvenaria estrutural contribuindo com os ajustes dos dormitórios ao lado (227 x 115)
19	E19 e E20	Banho 2	Dimensão do ambiente	Ajuste dimensional da parede	Parede estrutural em L com medidas de 255 e 55 cm não permitindo a modulação ou sendo necessário compensadores	Parede justado para medidas moduláveis e sem compensadores, passando para 256 e 60 cm.
20	E19 e E20	Banho 2	Porta	Ajuste dimensional da abertura	Vão de 72 cm	Ajuste do vão para 71 cm
21	E19 e E20	Banho 2	Predes em drywall	Ajuste da posição das paredes	Paredes posicionada deixando o ambiente com largura de 133 cm	Ajustada para compensar o aumento da parede estrutural e posicionada para manter medidas padrões da solução estrutural
22	E.22 e E.22	Acesso ao apart.	Porta	Ajuste dimensional e da posição da abertura	Abertura de 83 cm com posição interferindo na modulação	Abertura ajustada para 91 cm e posicionada na modulação sem necessidade de compensadores
23	E.23 e E.24	Escada	Patamar	Ajuste dimensional	Patamar com 133 cm	Ajuste para 151 cm por questão estrutural e reposicionamento da parede central
24	A.23 e A.24	Escada	Pisada do degrau	Ajuste dimensional	Pisada com 30 cm não seguindo a “lei do conforto da escada”	29,5 cm para conforto da pisada (Formula de Blondel)

25	E.23 e E.24	Escada	Parede lateral	Ajuste dimensional	Comprimento de 175 cm	Ajustada para 185 cm afim de favorecer a modulação e excluir a utilização de compensadores em região de parede solta e lateral de escada
----	-------------	--------	----------------	--------------------	-----------------------	--

Fonte: Autora (2026).

Observa-se que a maior parte das incompatibilidades identificadas esteve relacionada às dimensões internas dos ambientes e às dimensões das aberturas, que inicialmente não atendiam às medidas modulares adotadas para o sistema estrutural, e situações em que o posicionamento das aberturas não favorecia a modulação das paredes, exigindo seu reposicionamento para alinhamento com a modulação, excluir o uso de compensadores o máximo possível, principalmente em locais de concentração de tensões.

Esses resultados evidenciam a importância da consideração da coordenação modular ainda nas fases iniciais do projeto arquitetônico, uma vez que sua adoção pode reduzir significativamente a necessidade de ajustes posteriores no desenvolvimento do projeto estrutural.

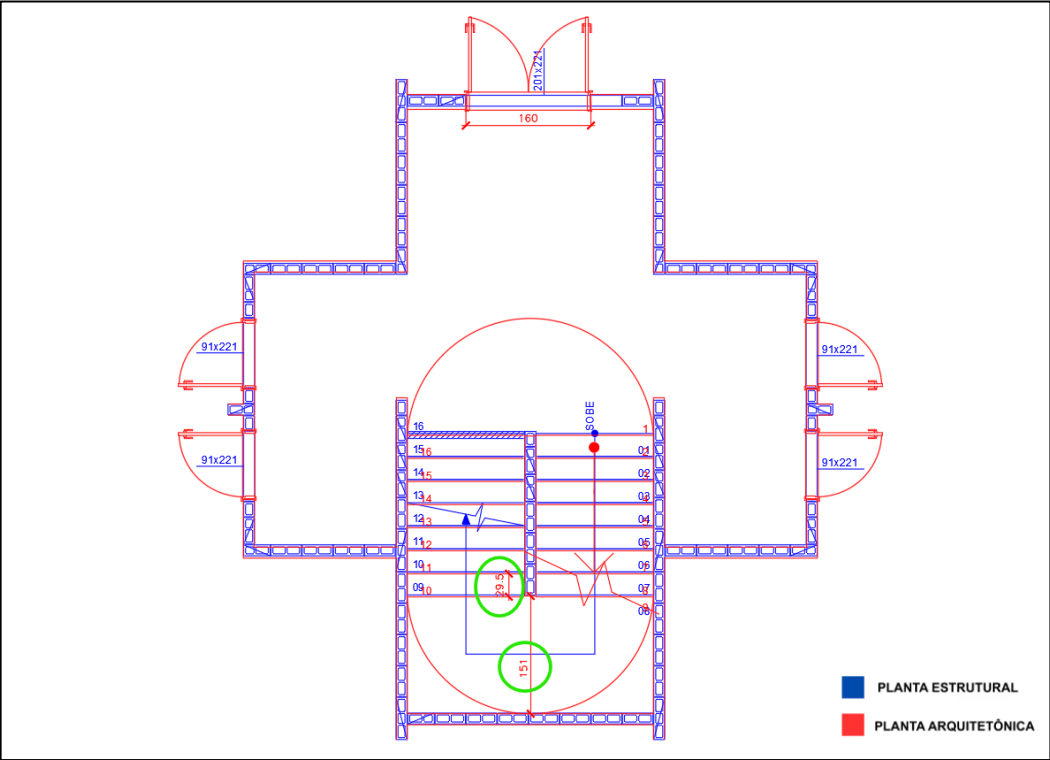
4.1.2 Compatibilização entre Projeto Arquitetônico e Estrutural em fase de Ante Projeto

Na fase de anteprojeto, observa-se a primeira atualização do projeto arquitetônico após a análise das incompatibilidades identificadas na etapa de estudo preliminar.

Verifica-se que o projeto estrutural foi mantido inalterado em relação à fase anterior, indicando a consolidação dos parâmetros geométricos e modulares previamente definidos. Em contrapartida, o projeto arquitetônico apresentou modificações pontuais, evidenciando a incorporação parcial das diretrizes de compatibilização.

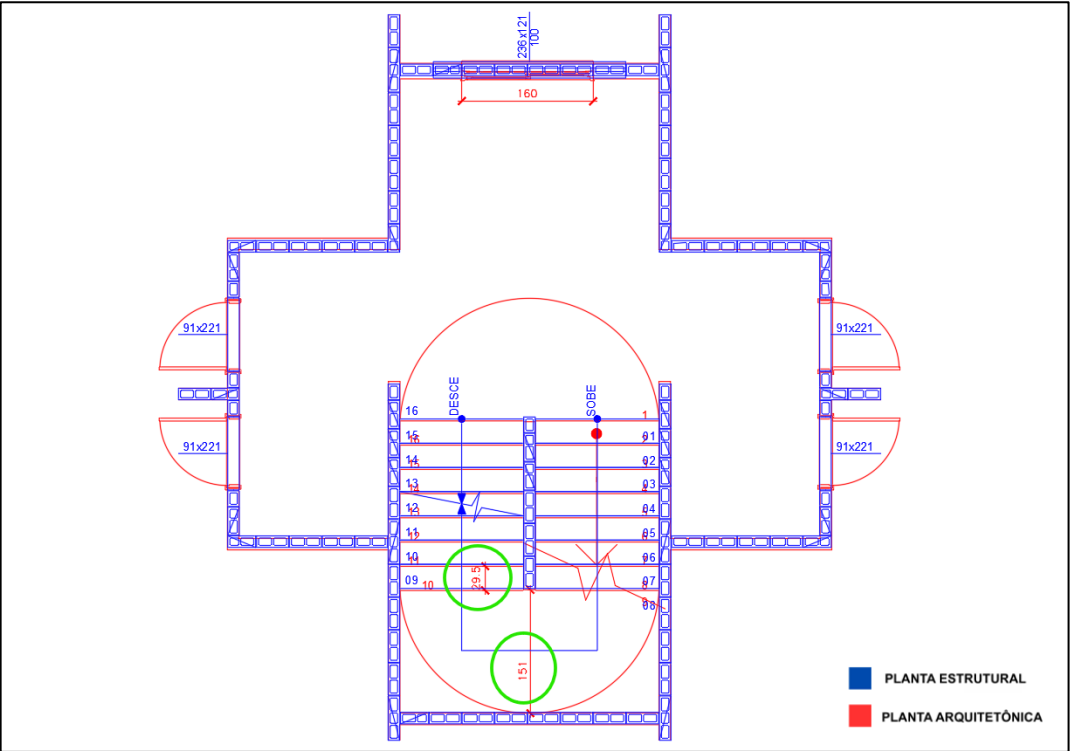
Dentre os ajustes identificados, destacam-se a correção dos vãos de janelas, a adequação das dimensões do patamar da escada e da pisada dos degraus, bem como

Figura 48 - Sobreposição para comparação entre a planta arquitetônica e a planta estrutural do hall do pavimento térreo na fase de anteprojeto



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 49 - Sobreposição para comparação entre a planta arquitetônica e a planta estrutural do hall do pavimento tipo na fase de anteprojeto



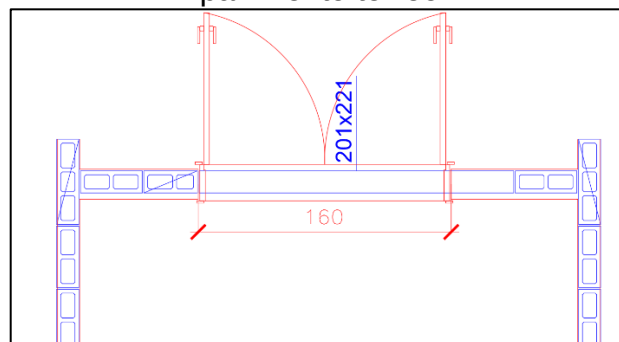
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Conforme ilustrado na Figura 48, 49 e 50, observa-se que as adequações realizadas se concentram em pontos específicos do projeto, sem, contudo, promover uma revisão global da solução arquitetônica.

Por outro lado, verifica-se que solicitações estruturais relacionadas à modulação global do projeto não foram atendidas. Permanecem incompatibilidades associadas ao ajuste dimensional dos ambientes e ao posicionamento das aberturas em conformidade com a coordenação modular, aspectos fundamentais para a racionalização do sistema em alvenaria estrutural.

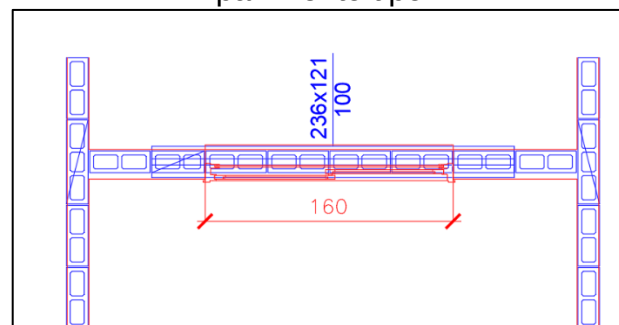
Além disso, foram identificadas alterações que introduzem novas incompatibilidades. Destaca-se a modificação da abertura do hall no pavimento térreo, a qual foi igualada em relação ao pavimento tipo, em quesito da dimensão do vão e do posicionamento (Figura 50 e 51).

Figura 50 - Recorte da sobreposição das plantas de anteprojeto no acesso ao hall no pavimento térreo



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 51 - Recorte da sobreposição das plantas de anteprojeto no acesso ao hall no pavimento tipo



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

A análise dos dados indica que as intervenções realizadas foram pontuais, sem a incorporação completa das condicionantes estruturais. Observa-se, ainda, a introdução de novas inconsistências, o que reforça a ausência de uma abordagem integrada no desenvolvimento dos projetos. Como consequência, parte significativa das incompatibilidades identificadas na fase anterior permanece para as etapas subsequentes do processo de projeto.

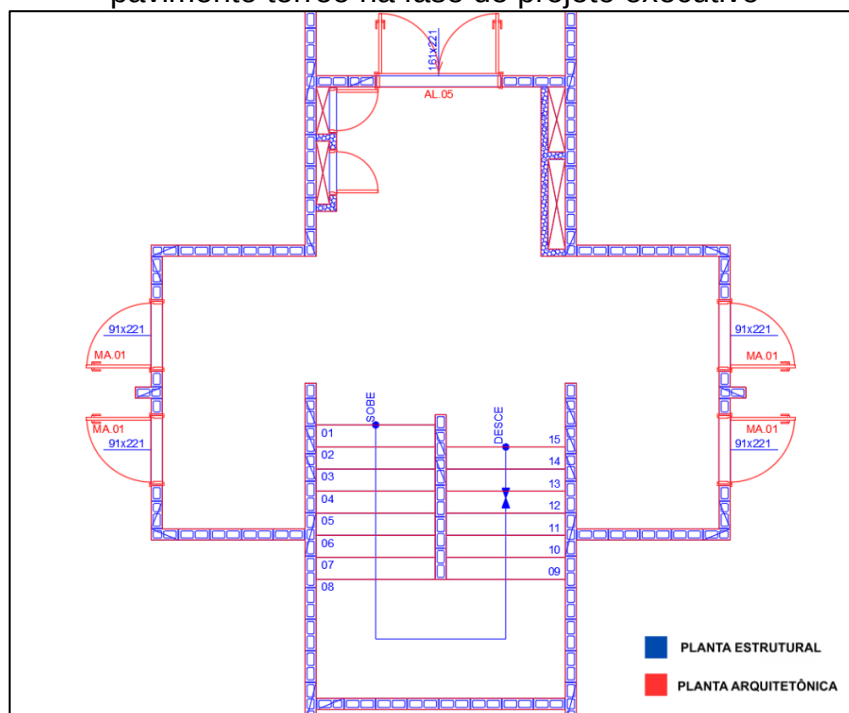
4.1.3 Compatibilização entre projeto na fase de projeto executivo

4.1.3.1 Compatibilização entre projeto arquitetônico e estrutural

Na fase de projeto executivo, observa-se a consolidação do processo de compatibilização entre os projetos, com a incorporação das solicitações estruturais. Ressalta-se que os projetos analisados nesta etapa correspondem à revisão final emitida para execução, refletindo a versão consolidada adotada em obra.

Verifica-se que o projeto arquitetônico absorveu as incompatibilidades identificadas nas fases anteriores, resultando em uma solução compatibilizada do ponto de vista geométrico e modular.

Figura 52 - Sobreposição entre a planta arquitetônica e estrutural do hall do pavimento térreo na fase de projeto executivo



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Na análise entre o projeto arquitetônico e o estrutural, constata-se o alinhamento dos elementos verticais entre pavimentos, a adequação dimensional dos ambientes conforme a coordenação modular adotada, bem como o ajuste da posição e dimensões de portas e janelas, possibilitando a correta modulação do sistema. Essa compatibilização evidencia a incorporação das condicionantes impostas pelo sistema em alvenaria estrutural.

Verifica-se, ainda, a compatibilidade entre as dimensões das esquadrias especificadas nas tabelas do projeto arquitetônico (Figura 55) e aquelas representadas na planta estrutural, não sendo identificadas divergências. Essa correspondência evidencia a correta coordenação dimensional entre os projetos, contribuindo para a viabilidade executiva do sistema.

Figura 55 - Tabelas de esquadrias presente no projeto arquitetônico

TABELA DE PORTAS I MADEIRA TIPO /TÉRREO - 1º AO 4º			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (OSSO) (MED. EM m)	QUANTIDADE CONSULTAR ORÇAMENTOS
MA.01	ABRIR	0,91 x 2,21	-
MA.02	ABRIR	0,71 x 2,21	-
MA.03	ABRIR	0,59 x 1,20 x 0,20	-
(*) PREVER FRESTA ENTRE SOLEIRA E PORTA - 1,5cm			
TABELA DE CAIXILHOS I ALUMÍNIO TIPO /TÉRREO - 1º AO 4º			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (OSSO) (MED. EM m)	QUANTIDADE CONSULTAR ORÇAMENTOS
AL.01	CORRER + VP	1,21 x 1,21 x 1,00	-
AL.02	CORRER	1,41 x 2,21	-
AL.03a	CORRER	1,41 x 1,21 x 1,00	-
AL.03b	CORRER	1,41 x 1,21 x 1,00	-
AL.03c	CORRER	1,41 x 1,21 x 1,00	-
AL.04	MAXIM-AR	0,61 x 0,61 x 1,60	-
AL.05	ABRIR	1,61 x 2,21	-
AL.06	CORRER	1,61 x 1,21 x 1,00	-
(*) VERIFICAR MEDIDAS IN-LOCO			
TABELA DE FERRO TIPO /TÉRREO - 1º AO 4º			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (OSSO) (MED. EM m)	QUANTIDADE CONSULTAR ORÇAMENTOS
FER.01	GRADIL	2,46 x 0,90 x 0,20	-

Fonte: Projetos cedidos (2025).

Observa-se, ainda, a alteração das dimensões e do posicionamento das aberturas no ambiente do hall do edifício, introduzida em revisão da fase anterior do projeto arquitetônico. Verifica-se que tal modificação foi incorporada pelo projeto estrutural, uma vez que atende às exigências de modulação e posicionamento adequados, não implicando prejuízo ao desempenho do sistema.

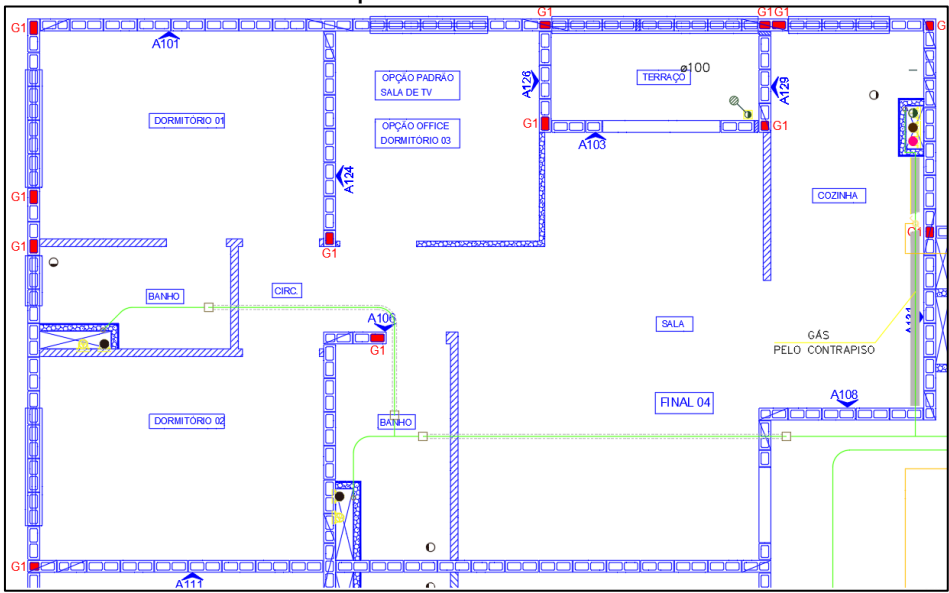
Em ambas as plantas, verifica-se a inserção de novos shafts, incorporados a partir das demandas do projeto hidrossanitário, os quais são analisados na etapa seguinte de compatibilização.

4.1.3.2 Compatibilização entre projeto estrutural e hidráulico

Na análise entre o projeto estrutural e o projeto hidrossanitário, adota-se como referência a planta de graute do pavimento com maior concentração de grauteamento, correspondente ao pavimento térreo, por apresentar maior potencial de interferências entre os sistemas. As plantas de grauteamento indicam os vazios dos blocos destinados ao preenchimento com graute, sendo esses pontos identificados por meio de representação gráfica específica e nomenclatura correspondente, usualmente indicada pela letra “G”.

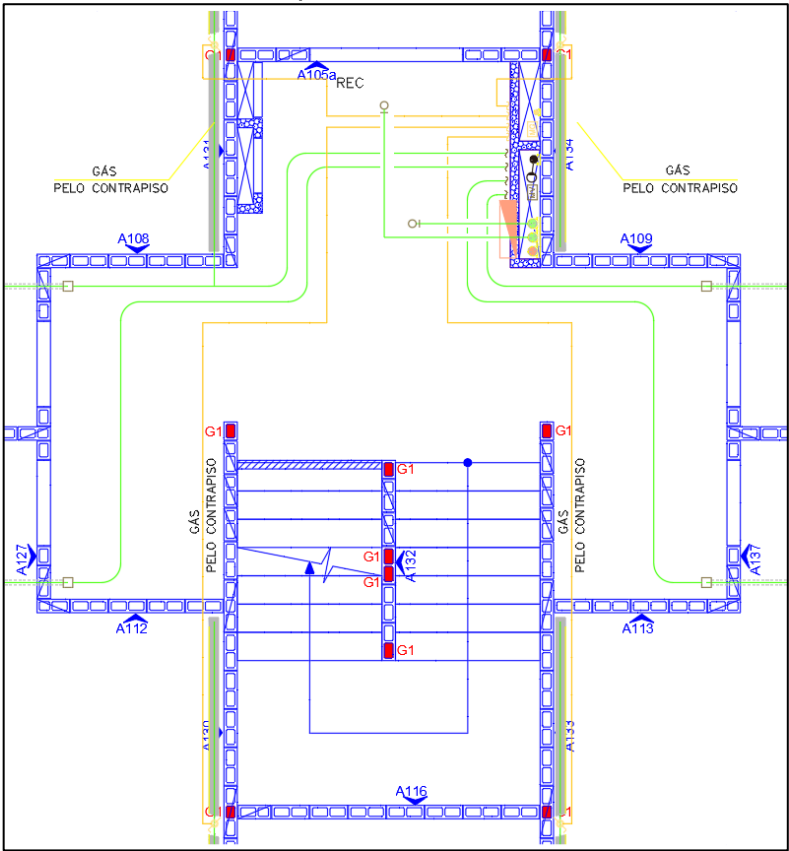
A partir da análise da sobreposição das plantas (Figura 56 e 57), verifica-se a compatibilidade entre a modulação estrutural e as passagens de instalações, permitindo a identificação de possíveis interferências entre os elementos estruturais incluindo os septos previstos com graute e as soluções adotadas no projeto hidrossanitário.

Figura 56 - Sobreposição entre o projeto estrutural e hidrossanitário com foco no apartamento



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 57 - Sobreposição entre o projeto estrutural e hidrossanitário com foco no hall do pavimento térreo



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Além disso, ao verificar as plantas hidráulica, observa-se no projeto, o comentário da equipe que elaborou o projeto, que conforme mostrado na Figura 59, a posição que essas tubulações deveram ser instaladas, na qual devem ocorrer junto ao teto.

Figura 58 - Nota anexada ao projeto de instalações hidráulicas

8. AS TUBULAÇÕES DEVERÃO INSTALADAS JUNTO AO TETO, EXCETO ONDE INDICADO EM CONTRÁRIO.

Fonte: Projetos cedidos (2025).

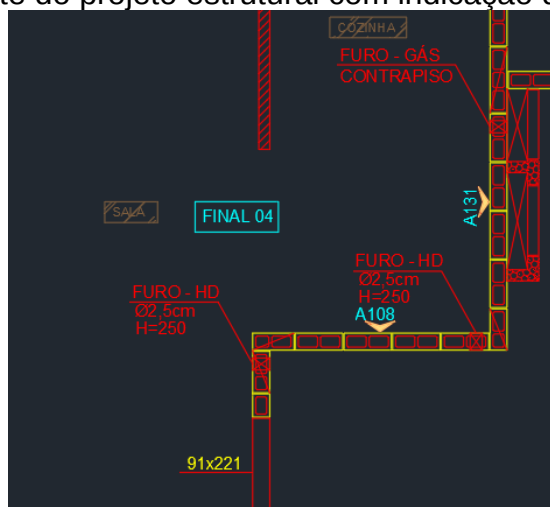
Observa-se a ocorrência pontual de passagens de tubulações atravessando paredes estruturais, limitada a três pontos por unidade habitacional. Essas interferências ocorrem em regiões onde os septos dos blocos se encontram livres, próximas à laje e contrapiso, por estarem previstos em projeto com medidas de no máximo 25 mm, não comprometerá a integridade dos elementos estruturais.

De modo geral, as soluções adotadas permitem a integração entre os sistemas estrutural e hidrossanitário, sem comprometer o desempenho dos elementos estruturais, destacando-se que:

- os shafts foram inseridos em posições compatíveis com o sistema estrutural;
- a distribuição das tubulações ocorre predominantemente pelo contrapiso e pelo teto e a utilização de shafts e paredes não estruturais, como as em drywall, viabiliza a continuidade vertical das instalações, reduzindo a necessidade de intervenções em paredes estruturais;
- as interferências identificadas em paredes estruturais são pontuais e ocorrem em regiões tecnicamente adequadas, não comprometendo o desempenho do sistema.

As soluções adotadas no projeto hidrossanitário foram compatibilizadas com as condicionantes do sistema estrutural, especialmente no que se refere à preservação das paredes portantes e à integridade das regiões de grauteamento, e para maior integridade entre projetos, foram identificados a localização dos furos na planta de modulação (Figura 59).

Figura 59 - Recorte do projeto estrutural com indicação de furos hidráulicos



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

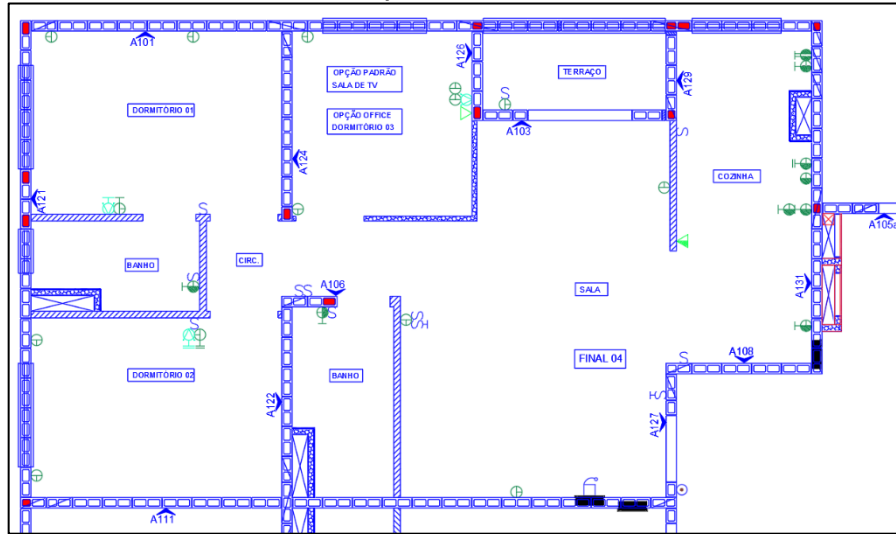
A adoção de estratégias como a concentração das instalações em shafts e sua distribuição por elementos não estruturais evidencia a adequação das soluções ao sistema construtivo, contribuindo para a viabilidade executiva e para a manutenção do desempenho estrutural.

Além disso, a ausência de intervenções significativas em paredes estruturais e em regiões grauteadas reduz o potencial de ocorrência de manifestações patológicas, como fissurações e perda de desempenho local, reforçando a importância da compatibilização entre os sistemas ainda em fase de projeto.

4.1.3.3 Compatibilização entre projeto estrutural e elétrico

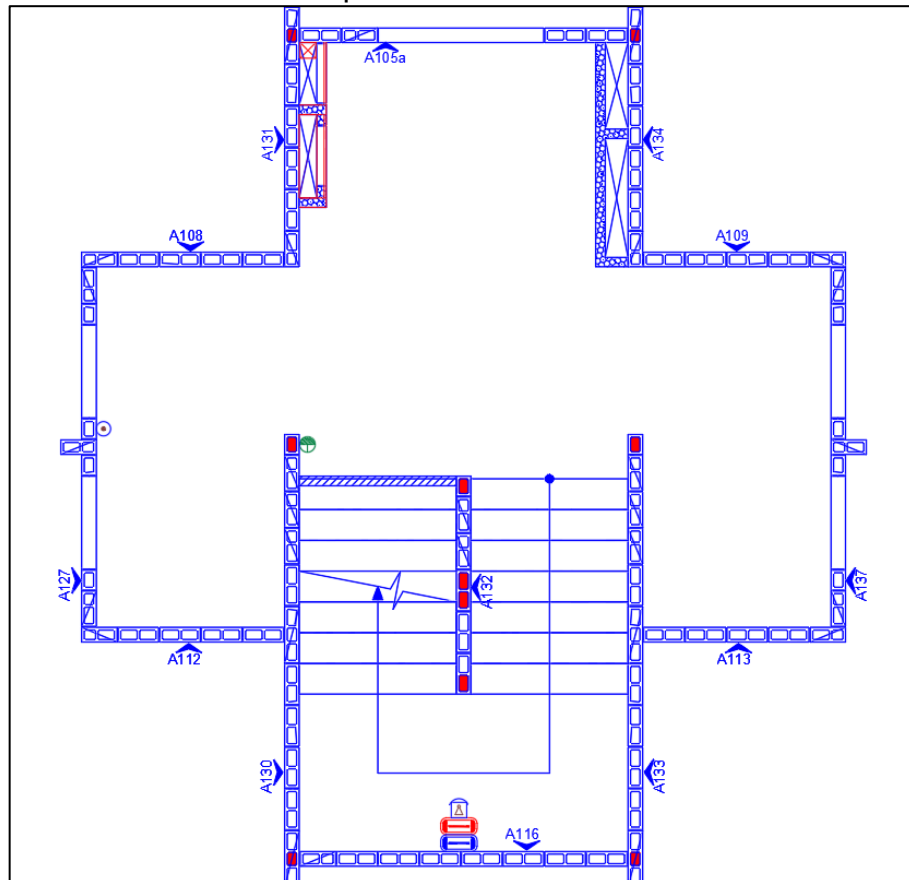
A análise de compatibilização entre o projeto estrutural e o projeto elétrico foi realizada de forma semelhante a sobreposição ao compatibilizar o estrutural com hidráulico, no entanto, substitui-se o projeto hidráulico pelo elétrico, permitindo a identificação das interferências entre as instalações elétricas e os elementos estruturais (Figura 60 e 61).

Figura 60 - Sobreposição entre o projeto estrutural e elétrico com foco no apartamento



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 61 - Sobreposição entre o projeto estrutural e elétrico com foco no hall do pavimento térreo



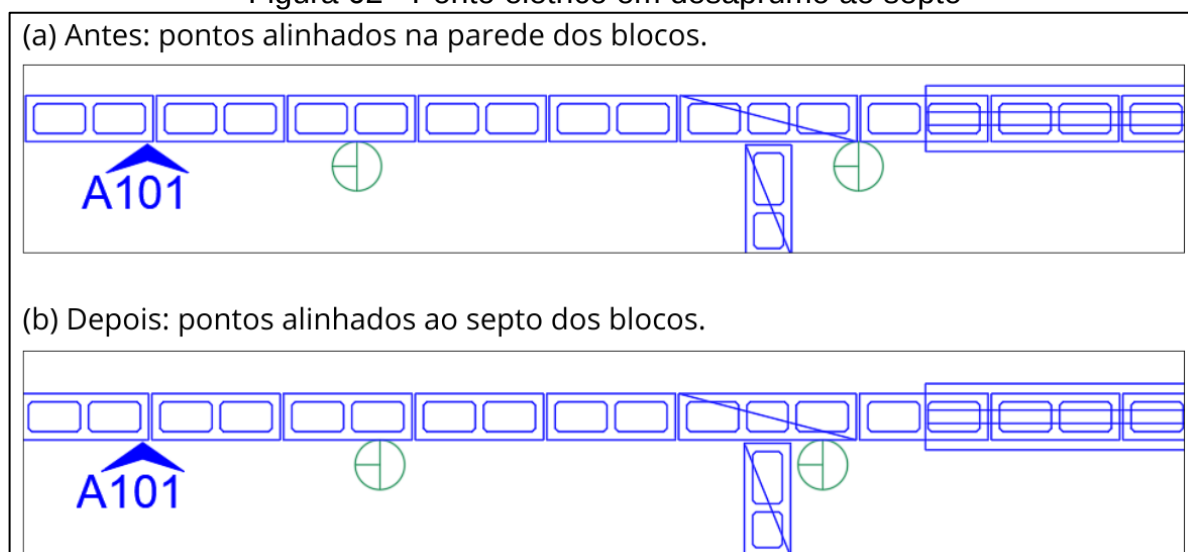
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Através do auxílio da legenda (Anexo D) do projeto elétrico, foi observado que alguns dos símbolos indicando instalações elétricas foram distribuídas em elementos não estruturais, como paredes de vedação, o que contribui para a redução de interferências diretas em paredes portantes. Identifica-se também que o shaft elétrico previsto no projeto encontra-se compatível com o projeto estrutural.

No entanto, a análise evidenciou a ocorrência de interferências pontuais em alguns pontos solicitados nas paredes estruturais, que demandaram ajustes no projeto elétrico ao longo do processo de compatibilização.

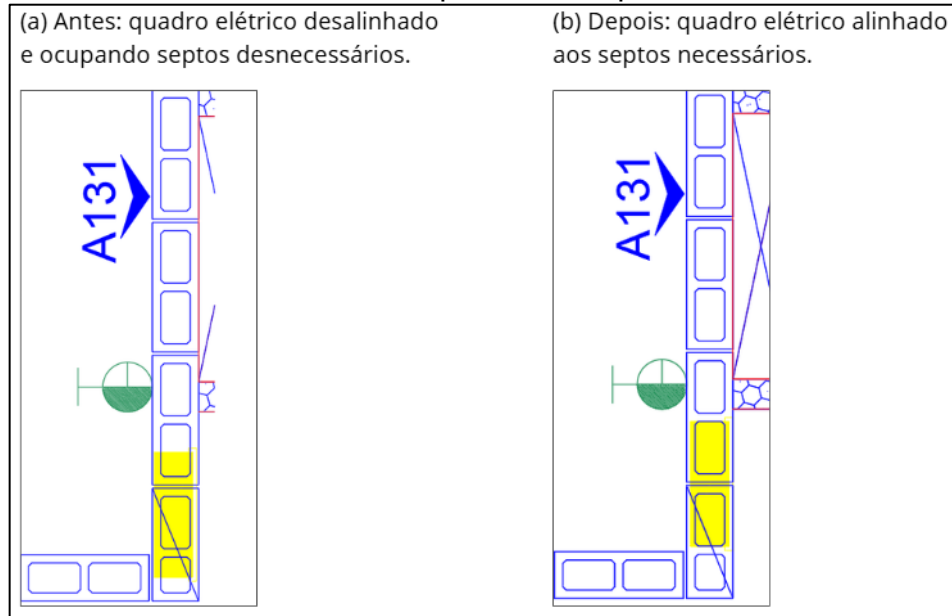
Verificou-se a necessidade de deslocamento de alguns pontos elétricos, com o objetivo de alinhar as prumadas aos septos dos blocos, evitando cortes das paredes dos blocos (Figura 62) ou a utilização de septos desnecessários (Figura 63). Essa adequação reduz a descontinuidade interna dos blocos e contribui para a preservação do comportamento estrutural das paredes.

Figura 62 - Ponto elétrico em desaprumo ao septo



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

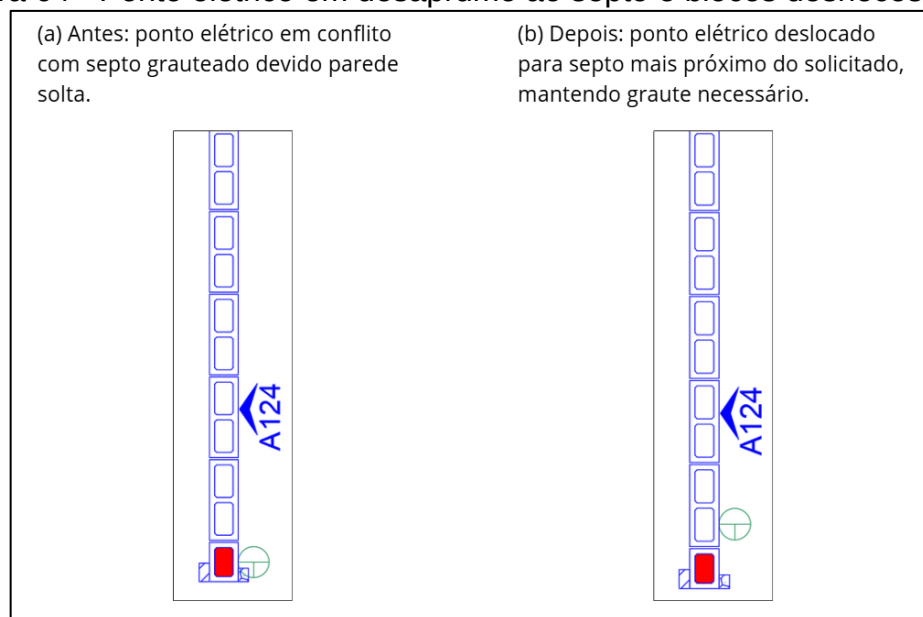
Figura 63 - Ponto elétrico em desaprumo ao septo e blocos desnecessários



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

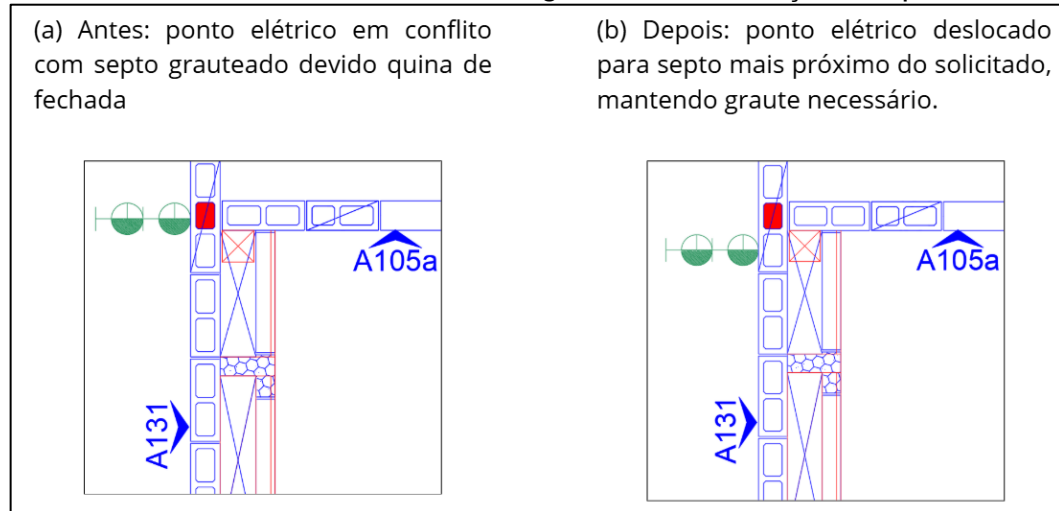
Também foram identificadas interferências entre os pontos elétricos e pontos grauteados, especialmente em regiões críticas, como extremidades de paredes isoladas (parede solta, sem amarração) que são submetidas a grauteamento devido ao acúmulo de tensões (Figura 64), e em quinas de paredes de fachada (Figura 63), onde ocorre grauteamento localizado com a finalidade de aumento de resistência.

Figura 64 - Ponto elétrico em desaprumo ao septo e blocos desnecessários



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 65 - Ponto elétrico em conflito com graute de amarração da quina de fachada



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Esses ajustes evitaram a concentração de intervenções em regiões estruturalmente sensíveis, como áreas grauteadas e zonas de maior solicitação, contribuindo para a manutenção da integridade dos elementos estruturais.

A partir da análise realizada, foram identificados outros pontos de interferências entre o projeto estrutural e o projeto elétrico similares aos casos apresentados nas Figuras 62 a 64. A tabela a seguir apresenta a sistematização das ocorrências identificadas ao longo da análise, incluindo todos os pontos avaliados, os ajustes realizado, suas respectivas justificativas técnicas e as imagens do caso em questão anexadas no Anexo F.

Quadro 4 - Incompatibilidades identificadas e ajustes realizados para adequação do projeto elétrico

Nº	Figura	Ocorrência	Ajuste Realizado	Justificativa
1	F.1	Ponto em conflito com graute	Deslocamento do ponto elétrico	Necessário manter extremidade da parede grauteada por ser uma parede sem amarração “ponta solta”
2	F.2 (P.1)	Ponto alinhado a parede do bloco	Deslocamento do ponto elétrico	Necessário evitar a quebra das paredes dos blocos para preservar seu desempenho. Além disso espelhou-se o ponto para o pavimento ao lado

3	F.2 (P.2)	Ponto alinhado a parede do bloco	Deslocamento do ponto elétrico	Necessário evitar a quebra das paredes dos blocos para preservar seu desempenho
4	F.2 (P.3)	Ponto posicionado atingindo blocos além do necessário	Deslocamento do ponto elétrico	Ponto deslocado de forma que atinja apenas um bloco estrutural
5	F.3 (P.1)	Ponto em conflito com graute	Deslocamento do ponto elétrico	Necessário manter ponto grauteado por ser fachada
6	F.3 (P.2)	Ponto conforme projeto	Deslocamento do ponto elétrico	Deslocou-se o ponto para manter a organização dos pontos solicitados em projeto
7	F.4	Ponto em conflito com graute	Deslocamento do ponto elétrico	Necessário manter extremidade da parede grauteada por ser uma parede sem amarração “ponta solta”

Fonte: Autora (2026).

De forma geral, os resultados indicam que, após os ajustes realizados, o projeto elétrico apresenta compatibilidade com o sistema estrutural, com intervenções pontuais e controladas, sem indícios de comprometimento do desempenho das paredes portantes.

Além disso, a adequação do posicionamento das instalações e a redução de interferências em regiões grauteadas contribuem para minimizar o risco de manifestações patológicas, como fissurações e fragilizações localizadas.

4.2. PATOLOGIAS RELACIONADAS A COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS REALIZADA

A análise do processo de compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações permitiu identificar não apenas as incompatibilidades geométricas e construtivas, mas também avaliar o potencial de ocorrência de manifestações patológicas associadas a essas interferências.

Conforme discutido no item 2.7, as patologias em sistemas de alvenaria estrutural estão diretamente relacionadas a falhas de projeto, execução e, especialmente, à ausência de coordenação entre disciplinas. Nesse contexto,

destaca-se que incompatibilidades não resolvidas na fase de projeto tendem a se materializar em obra por meio de intervenções corretivas, como cortes em blocos, deslocamento de elementos e adaptações não previstas, comprometendo o desempenho estrutural e a durabilidade da edificação.

A partir das incompatibilidades identificadas nos Quadros 3 e 4, foi possível estabelecer uma correlação entre essas ocorrências e as manifestações patológicas descritas na literatura, conforme sistematizado nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 - Relação entre incompatibilidades geométricas apresentadas no Quadro 3 e potenciais manifestações patológicas

Tipo de incompatibilidades	Situação Identificada	Referência (Quadro 3)	Possível Patologia	Justificativa técnica
Dimensões não moduladas	Ambientes com medidas incompatíveis com a coordenação modular	Itens 4, 5, 8, 11, 16 e 19	Fissuração generalizada e irracionalizarão do sistema construtivo	Necessidade de cortes em blocos compromete a integridade, continuidade e racionalização da alvenaria
Aberturas com dimensões não modulares	Vãos incompatíveis com modulação	Itens 2, 3, 6, 7, 12, 14, 15 e 22	Fissuras verticais generalizadas e irracionalizarão do sistema construtivo	Modulação com amarração dos blocos de forma que as juntas não estejam adequadamente amarradas, podendo gerar concentração de tensões
Posicionamento inadequado de aberturas	Interferência nos septos dos blocos	Itens 2, 3, 6, 7, 12, 14, 15 e 22	Fragilização local e fissuração inclinadas em aberturas	Redução da seção resistente, concentração de tensões nos cantos de vãos sem adequada distribuição
Uso de compensadores	Ajustes para fechamento da modulação	Itens 6, 19, 22 e 25	Fissuração por concentração de tensões	Alteração e concentração no caminhamento das tensões devida amarração dos blocos de forma que as juntas não estejam adequadamente amarradas

Descontinuidade geométrica em paredes	Paredes com comprimentos não moduláveis	Item 10	Fissuras verticais	Desalinhamento de fiadas
Descontinuidade entre pavimentos	Diferença entre hall do térreo e tipo	Tópico 4.1.1	Fissuras de sobrecargas localizadas	Transferência inadequada de cargas verticais

Fonte: Autora (2026).

Quadro 6 - Relação entre incompatibilidades com instalações e potenciais manifestações patológicas

Tipo de incompatibilidades	Situação Identificada	Referência	Possível Patologia	Justificativa técnica
Interferência com graute	Pontos elétricos em regiões grauteadas	Fig. 64 e 65 e Itens 1, 5 e 7 (Quadro 4)	Perda de desempenho estrutural, travamento da obra para compatibilização do ponto	Comprometimento da capacidade resistente em regiões críticas
Pontos elétricos desalinhados aos septos	Necessidade de corte nos blocos	Fig. 62 e 63 e Itens 2 e 3 (Quadro 4)	Fragilização dos blocos e fissuração	Danificação da parede dos blocos, podendo reduzir a resistência dos elementos
Intervenções excessivas em blocos	Pontos atingindo mais blocos que o necessário	Fig. 63 e Item 4 (Quadro 4)	Desagregação, perda de desempenho, não racionalização prevista na alvenaria estrutural	Aumento de descontinuidades internas
Passagem de tubulações em paredes estruturais	Interferências pontuais em paredes portantes	Tópico 4.1.3.2	Redução da capacidade resistente e infiltrações	Embutimento de tubulações favorece patologias de estanqueidade
Interferência em regiões críticas	Pontos em extremidades e quinas	Fig. 65 e Itens 1, 5 e 3 (Quadro 4)	Fissuração e instabilidade local	Regiões de concentração de tensões

Fonte: Autora (2026).

A análise dos Quadros 5 e 6 indica que a fissuração constitui a principal manifestação patológica potencialmente associada às incompatibilidades identificadas, podendo ocorrer nas formas vertical, horizontal ou inclinada, conforme discutido no item 2.7.1. Observa-se, em especial, a associação entre falhas de modulação e fissuras decorrentes de descontinuidades na alvenaria, bem como a ocorrência de fissuras inclinadas em regiões de aberturas e concentração de tensões.

Adicionalmente, verifica-se que incompatibilidades relacionadas às instalações, como a passagem inadequada de tubulações e interferências com regiões grauteadas, podem contribuir para a redução do desempenho estrutural e para o surgimento de manifestações relacionadas à estanqueidade, como infiltrações e eflorescências.

Outro aspecto relevante refere-se às patologias associadas à execução, uma vez que a ausência de compatibilização adequada tende a induzir intervenções em obra, como a quebra de blocos para passagem de instalações. Conforme apresentado na revisão bibliográfica, esse tipo de prática está entre as principais causas de comprometimento da integridade da alvenaria estrutural, afetando diretamente o comportamento mecânico dos elementos.

Além disso, a execução do grauteamento também se deve atenção, uma vez que ele é posicionado para preencher o vazio do bloco e aumentar a resistência da parede, se deve certificar de que todo o espaço vertical do bloco está preenchido para constatar que o graute está executando sua função e aumentando a capacidade resistente da parede, evitando fissuras por carga adicional.

Por fim, observa-se que, na fase de projeto executivo, a incorporação das diretrizes de compatibilização resultou na eliminação ou mitigação das incompatibilidades previamente identificadas, reduzindo de forma significativa o potencial de ocorrência das manifestações patológicas analisadas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o processo de compatibilização de projetos em edifícios em alvenaria estrutural, a partir de um estudo de caso, buscando identificar as principais incompatibilidades entre as disciplinas envolvidas e avaliar sua relação com o surgimento de manifestações patológicas.

A partir da análise realizada, verificou-se que a compatibilização de projetos constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de edificações em alvenaria estrutural, uma vez que esse sistema construtivo não permite alterações não previstas, devido ao fato de suas paredes desempenharem função estrutural. Nesse contexto, conforme discutido na revisão bibliográfica, intervenções indevidas nesses elementos podem comprometer diretamente a segurança estrutural, a durabilidade e o desempenho global da edificação.

Os resultados obtidos evidenciaram que as incompatibilidades identificadas ao longo das fases de estudo preliminar e anteprojeto estão majoritariamente associadas à ausência de coordenação modular, ao dimensionamento e posicionamento inadequado de aberturas e à falta de integração entre os projetos de instalações e o sistema estrutural. Essas falhas corroboram o que é apresentado na literatura, na qual se destaca que decisões inadequadas nas fases iniciais tendem a se propagar ao longo do processo, gerando retrabalhos, custos adicionais e comprometimento da viabilidade técnica do empreendimento.

Além disso, observou-se que tais incompatibilidades possuem relação direta com manifestações patológicas recorrentes em alvenaria estrutural, especialmente fissurações, fragilizações localizadas e problemas de estanqueidade. Conforme estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2021), o desempenho das edificações está diretamente associado à capacidade de atender requisitos como segurança estrutural, durabilidade e habitabilidade, os quais podem ser comprometidos por falhas de projeto e pela ausência de coordenação entre disciplinas.

Nesse sentido, os resultados do estudo de caso confirmam que a ausência de compatibilização adequada tende a induzir intervenções em obra, como cortes em blocos e adaptações não previstas, práticas que, conforme discutido na revisão bibliográfica, estão entre as principais causas de comprometimento da integridade da alvenaria estrutural e do surgimento de patologias. Por outro lado, a consolidação da compatibilização na fase de projeto executivo demonstrou que a adoção de uma

abordagem integrada entre as disciplinas permite a eliminação ou mitigação dessas incompatibilidades, contribuindo para a viabilidade executiva e preservação do desempenho estrutural.

Dessa forma, observa-se que a compatibilização de projetos não se limita à verificação de interferências geométricas, mas constitui um processo essencial para a antecipação de falhas e para a garantia do desempenho da edificação ao longo de sua vida útil. Sua aplicação sistemática desde as fases iniciais de projeto permite a tomada de decisões mais assertivas, reduzindo a necessidade de intervenções corretivas em obra, o sobrecusto e promovendo maior eficiência técnica e construtiva.

Como contribuição, este trabalho permitiu evidenciar, de forma aplicada, a relação direta entre incompatibilidades de projeto e manifestações patológicas, reforçando a importância da integração entre as disciplinas como estratégia fundamental para a racionalização do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Como limitação, destaca-se que o estudo foi desenvolvido a partir de um único estudo de caso, o que restringe a generalização dos resultados. Além disso, o processo de compatibilização analisado foi realizado com base em ferramentas bidimensionais (2D), por meio de sobreposição de projetos e análise manual, o que pode limitar a identificação de interferências mais complexas entre as disciplinas.

Por fim, os resultados obtidos reforçam que a qualidade do desempenho de uma edificação não é definida apenas na execução, mas, principalmente, nas decisões tomadas em projeto.

6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, para pesquisas futuras, a análise de múltiplos empreendimentos, possibilitando a ampliação da amostra estudada. Além disso, recomenda-se a adoção de metodologias baseadas em Modelagem da Informação da Construção (BIM), as quais permitem a compatibilização em ambiente tridimensional, proporcionando maior integração entre as disciplinas de projeto, melhor visualização das soluções adotadas e detecção automatizada de interferências, possibilitando mostrar os benefícios e a diferença de se utilizar software 2D para a compatibilização de forma manual. Por fim, indica-se a investigação de edificações em fase de uso, permitindo a verificação direta das manifestações patológicas

REFERÊNCIAS

ALVES, Júlio César Kroth; BLANK, Letícia Marli; SANTOS, Marcus Daniel Friederich dos. Paredes pré-fabricadas em blocos cerâmicos estruturais: um estudo de produtividade e sustentabilidade na construção civil. **Revista Jovens Pesquisadores**, 2025.

ASSIS, Murilo Henrique Brandt; CRUZ, Wesley Danilo Bueno da Silva; MIKULIS, Maria Claudia Del Monaco. Sistema construtivo de painéis de PVC rígido preenchidos com concreto. In: **III semana integrada de agronomia, análise em desenvolvimento de sistemas, arquitetura e urbanismo e engenharias**, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 15961-2**: Alvenaria estrutural – blocos de concreto Parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520**: Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6024**: Informação e documentação - Numeração progressiva das seções de um documento - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro: 2011.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Alvenaria Estrutural**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2021.

BORDIN, Vanessa. O espaço conquistado pela alvenaria estrutural. **Cimento Itambé**, julho de 2010. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/o-espaco-conquistado-pela-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CAMPOS NETO, Tiago Ferreira; FURQUIM, Késsio Guerreiro. Proposta de processo de compatibilização de projetos na construção civil. **Revista Delos**, 2024.

CBIC. **Desempenho da Construção Civil e perspectivas**. São Paulo: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2025. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2025/10/final-desempenho-cc-outubro-2025.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2026.

CAMPOS, Andre. Tipos de Blocos – o que são e como utilizar na sua obra? **Sienge**. Florianópolis, 18 de maio de 2025. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/tipos-de-blocos-o-que-sao-e-como-utilizar/>. Acesso em: 23 dez. 2025.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CERÂMICA E OLARIA ABCD. Bloco Cerâmico Estrutural 14x19x39. Disponível em: <https://ceramicaabcd.com.br/produto/bloco-ceramico-estrutural-14x19x39/>. Acesso em: 23 dez. 2025.

ECIVIL DESCOMPLICANDO A ENGENHARIA. Alvenaria Estrutural. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-alvenaria-estrutural.html>. Acesso em: 10 jan. 2026.

FELCONCONSTRUÇÕES. Instalação Elétrica Valor Bixiga. Disponível em: <https://www.felconconstrucoes.com.br/instalacoes-eletricas/instalacao-eletrica-tipo-c/instalacao-eletrica-valor-bixiga>. Acesso em: 19 jan. 2026.

GOMES, Lorrann Nunes; ALMEIDA, Diego Henrique de. Impacto da ausência de compatibilização de projetos na execução de uma obra residencial. **The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC**, v. 7, n. 1, 2021.

GUIMARÃES, Waldemberg; FIGUEIREDO, Karoline. Estudo de caso da importância da compatibilização de projetos na construção de um edifício residencial multifamiliar. **Revista Boletim do Gerenciamento**, 2019.

GRASSIOTTO, Junker de Assis. **Alvenaria em blocos de concreto: projeto estrutural de acordo com a NBR 16868-1, 2 (ABNT 2020)**. Londrina: Edue, 2023.

JEAN, Marie Désir. Alvenaria Estrutural. **Lume-re-demonstracao**. Disponível em: https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_calcareos.php. Acesso em: 23 dez. 2025

MOHAMAD, Gihad (org.). **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**. 3 ed. São Paulo, SP: Blucher, 2024.

MOHAMAD, Gihad; MACHADO, Diedo Willian Nascimetno; JANTSCH, Ana Cláudia Akele. **Alvenaria Estrutural: construindo conhecimento**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

MORAIS, João Marcos Pereira de *et al.* Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020.

MOURA, Felipe Lins de; MIRANDA, Walzenira Parente; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. Manifestações patológicas: fissuras em estrutura de concreto

armado e alvenaria estrutural, estudo de caso em duas obras unifamiliares. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, 2021.

NEVES, Antonio. Eflorescência: saiba tudo sobre essa manifestação patológica. Blok – Blog. Publicado em 22 out. 2019; atualizado em 18 jan. 2024. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em: 20 jan 2026.

PARSEKIAN, Guilherme Ana; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O nome da Rosa, 2010.

PIMENTEL, Amanda Carolina *et al.* Gerenciamento e compatibilização de projetos simples aplicada em Autocad. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 12, 2020.

PROFESSOR RANGEL LAGE. Posso embutir Instalações Hidráulicas na Alvenaria Estrutural? Disponível em: <https://rangellage.com.br/posso-embutir-instalacoes-hidraulicas-na-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 19 jan. 2026.

ROCHA, Glauco Belmiro. **Projeto Arquitetônico: compatibilização de projetos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2024.

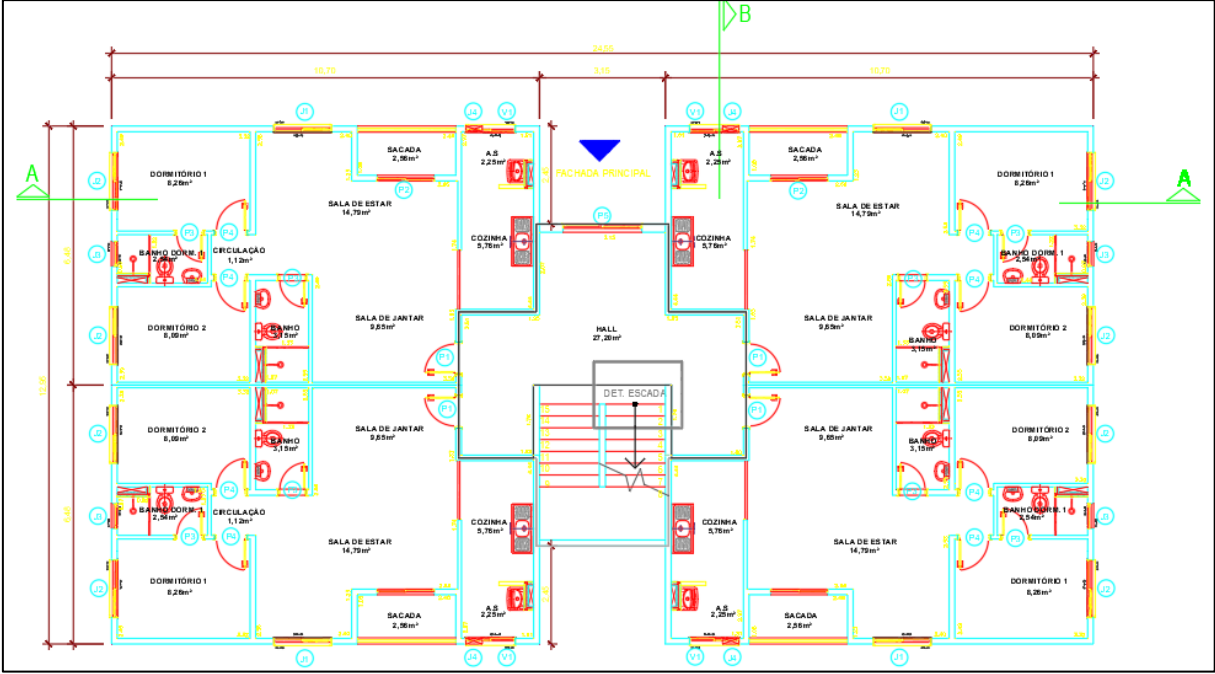
SOUSA, Eduardo Giovane de; MARCO, Gerson de; FLORIAN, Fabiana. Consequências de falhas no cálculo de dimensionamento estrutural: investigação das patologias e danos associados. **Universidade de Araquara**, 2024.

TAUIL, Carlos Alberto; NESSE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2023.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Oficina de Texto, 2020.

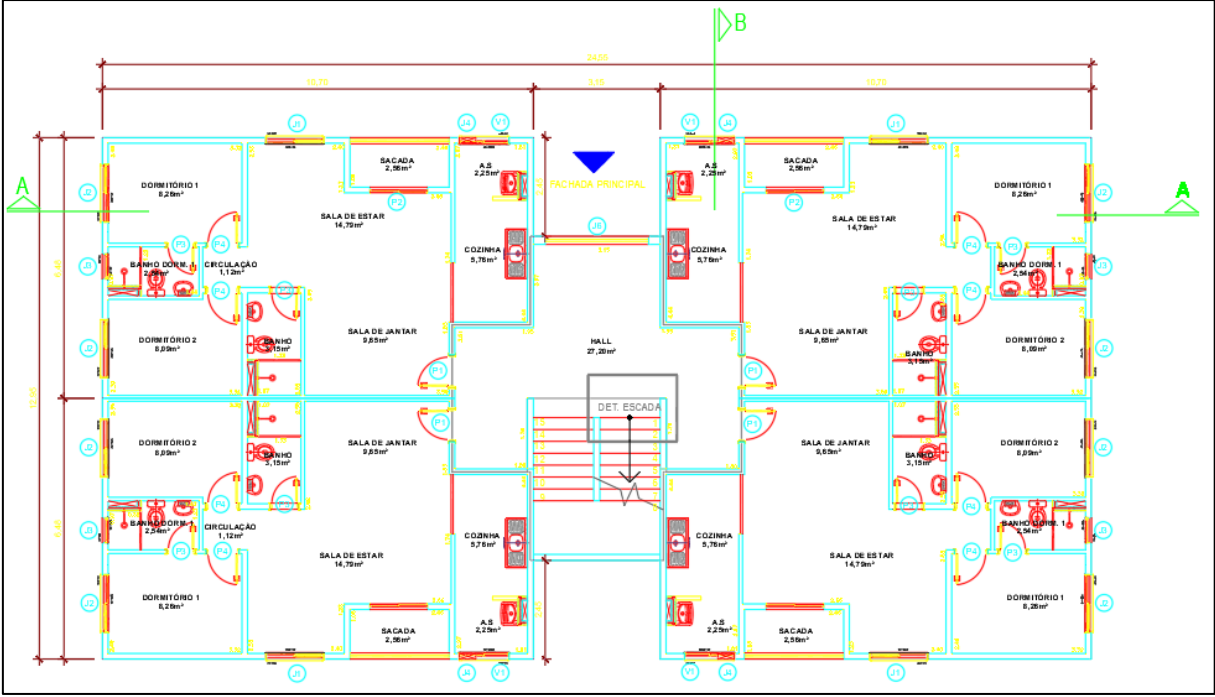
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO

FiguraA.1. - Planta do pavimento térreo em Estudo Preliminar



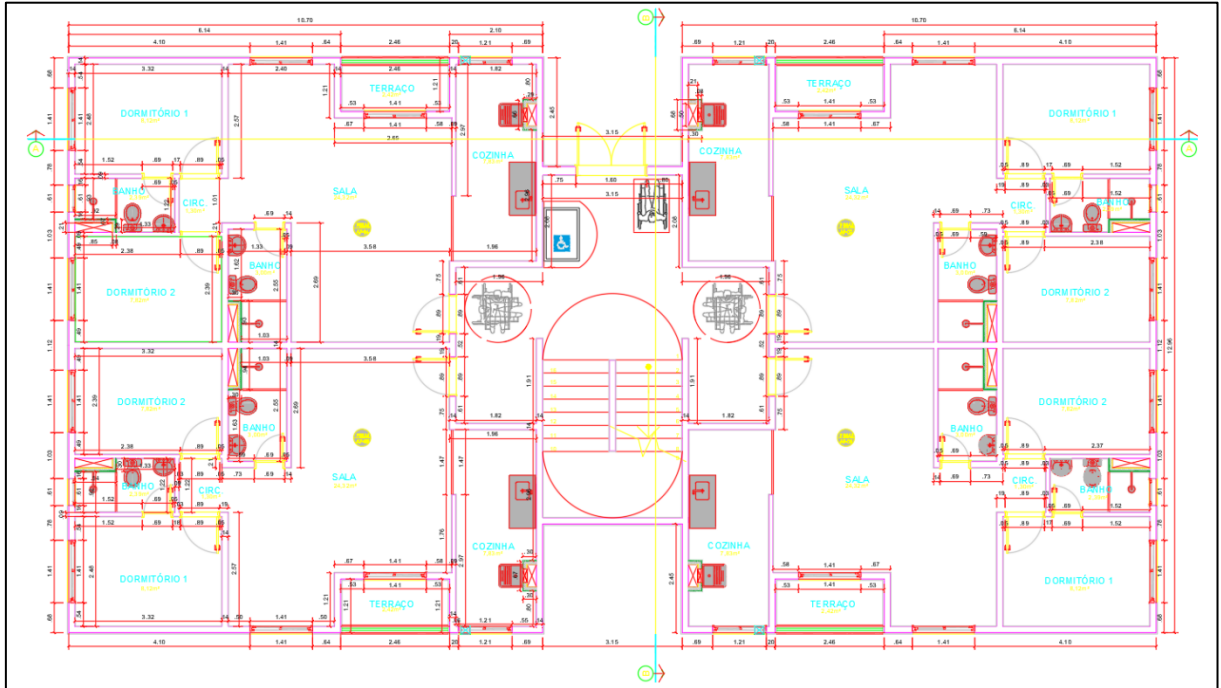
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura A.2.- Planta do pavimento tipo em Estudo Preliminar



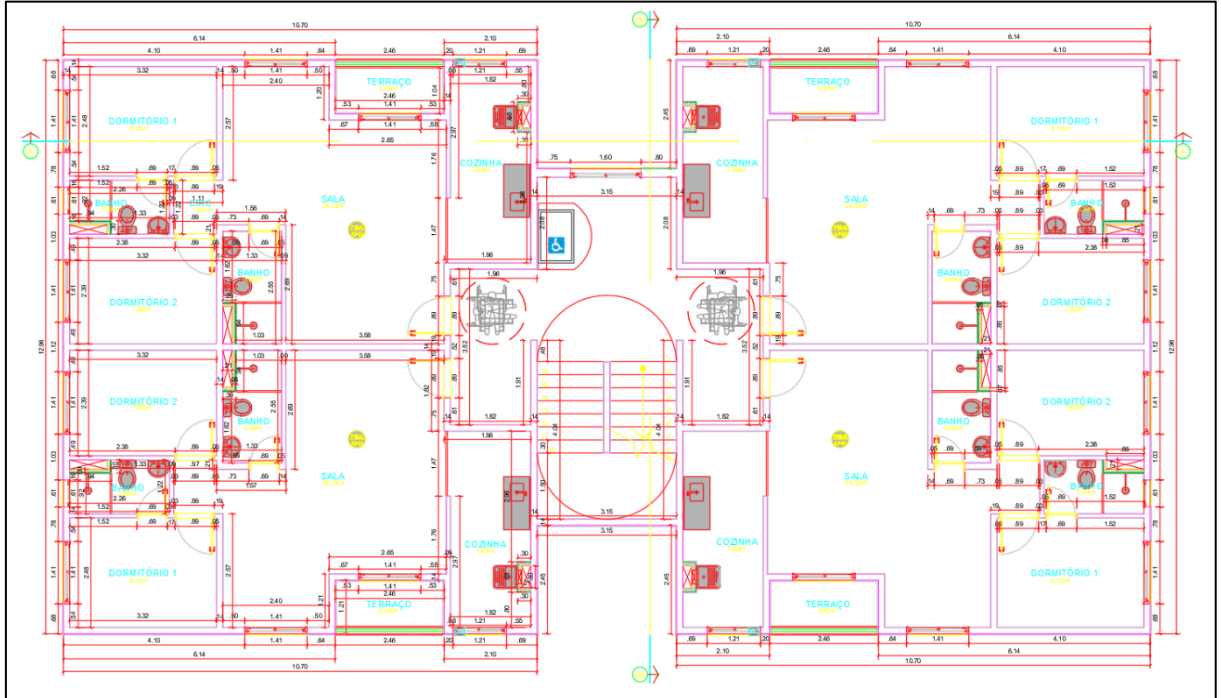
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura A.3. - Planta do pavimento térreo em Ante Projeto



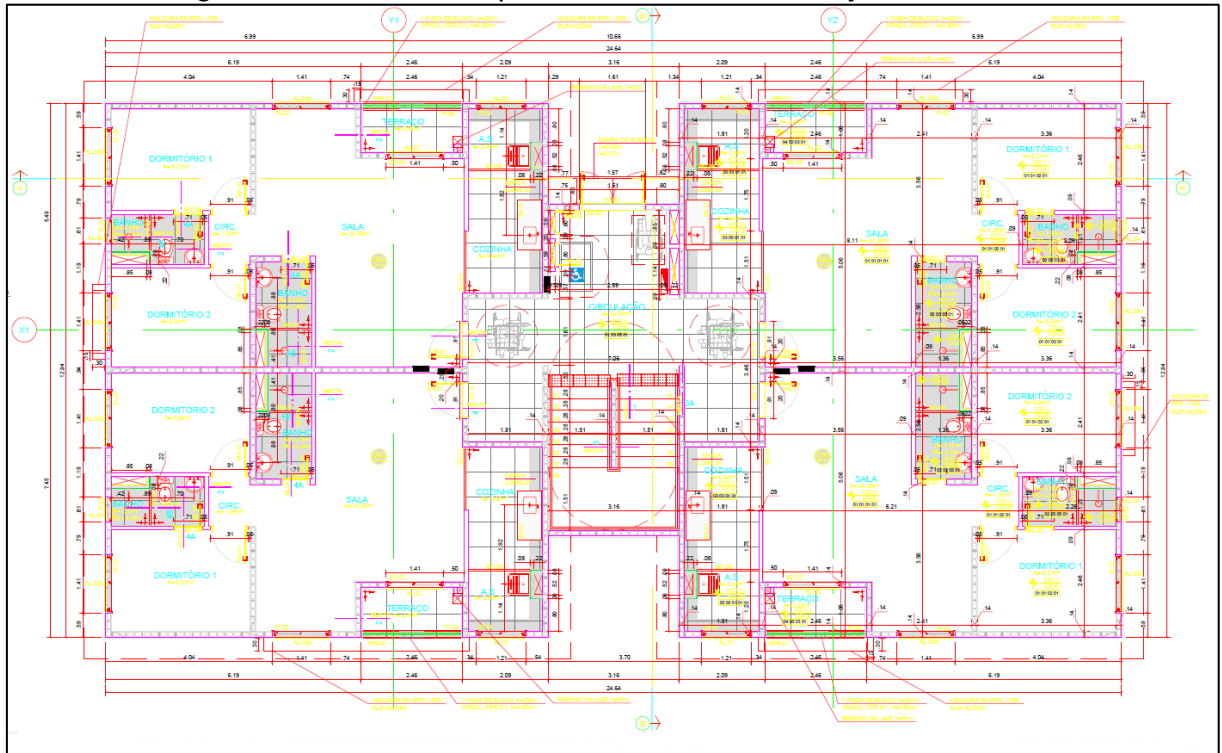
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura A.4. - Planta do pavimento tipo em Ante Projeto



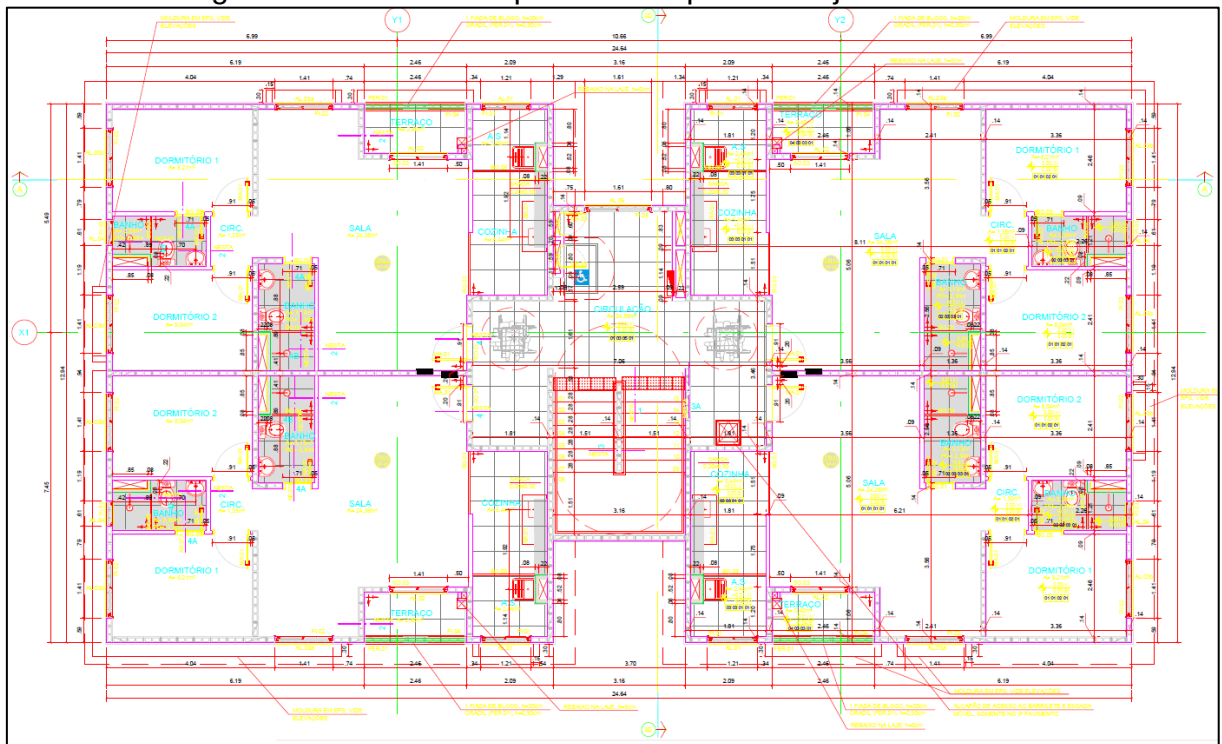
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura A.5. - Planta do pavimento térreo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

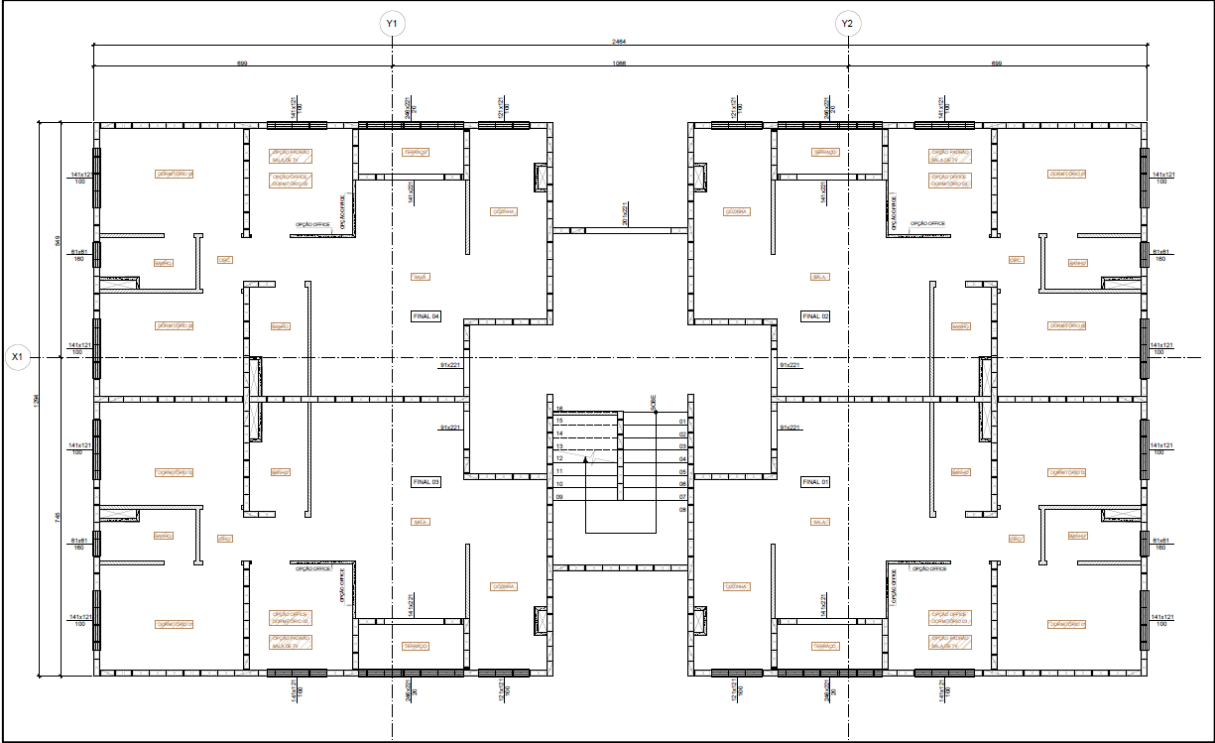
Figura A.6. - Planta do pavimento tipo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

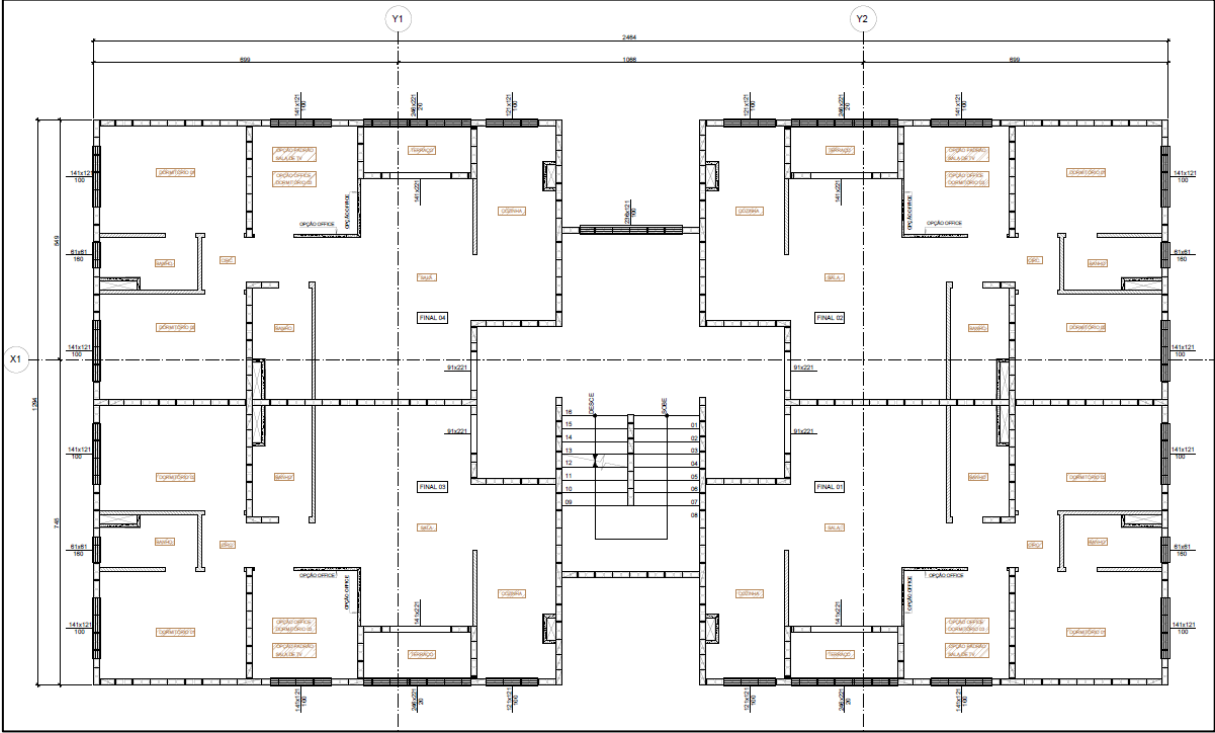
ANEXO B – PROJETO ESTRUTURAL

Figura B.1. - Planta da 1ª fiada do pavimento térreo em Estudo Preliminar



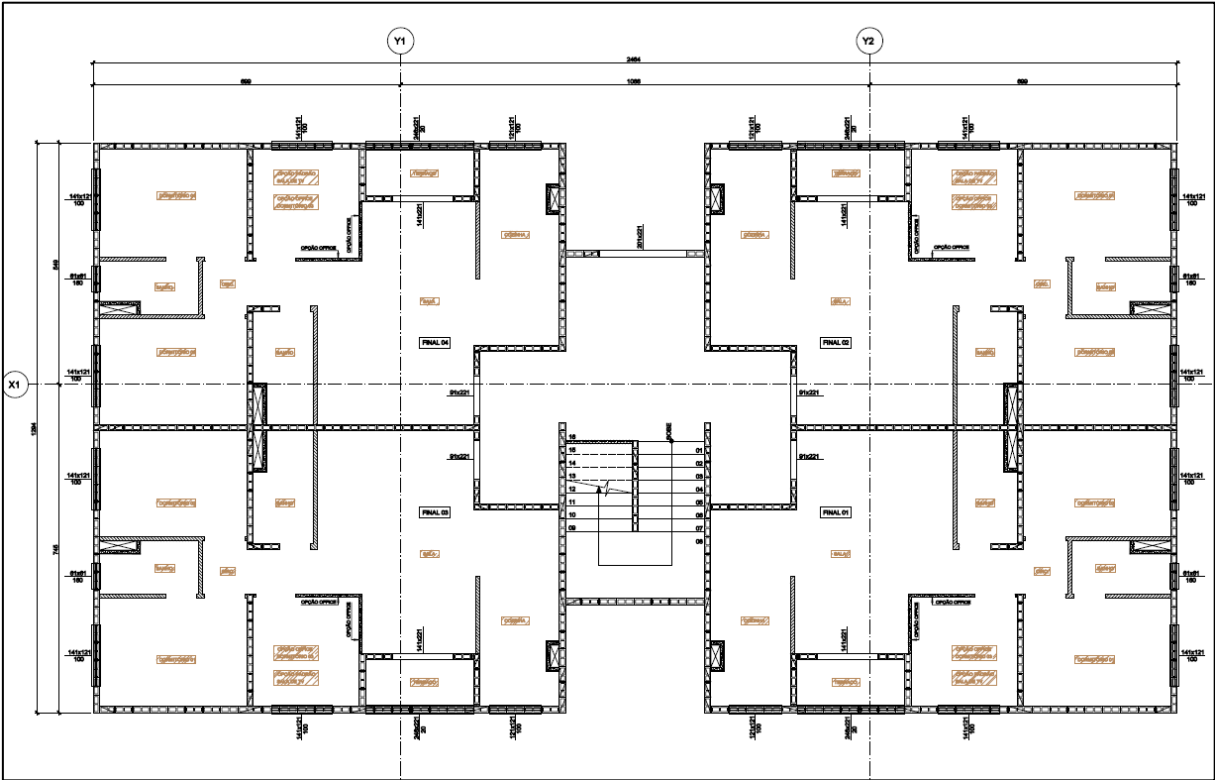
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura B.2.- Planta da 1ª fiada do pavimento tipo em Estudo Preliminar



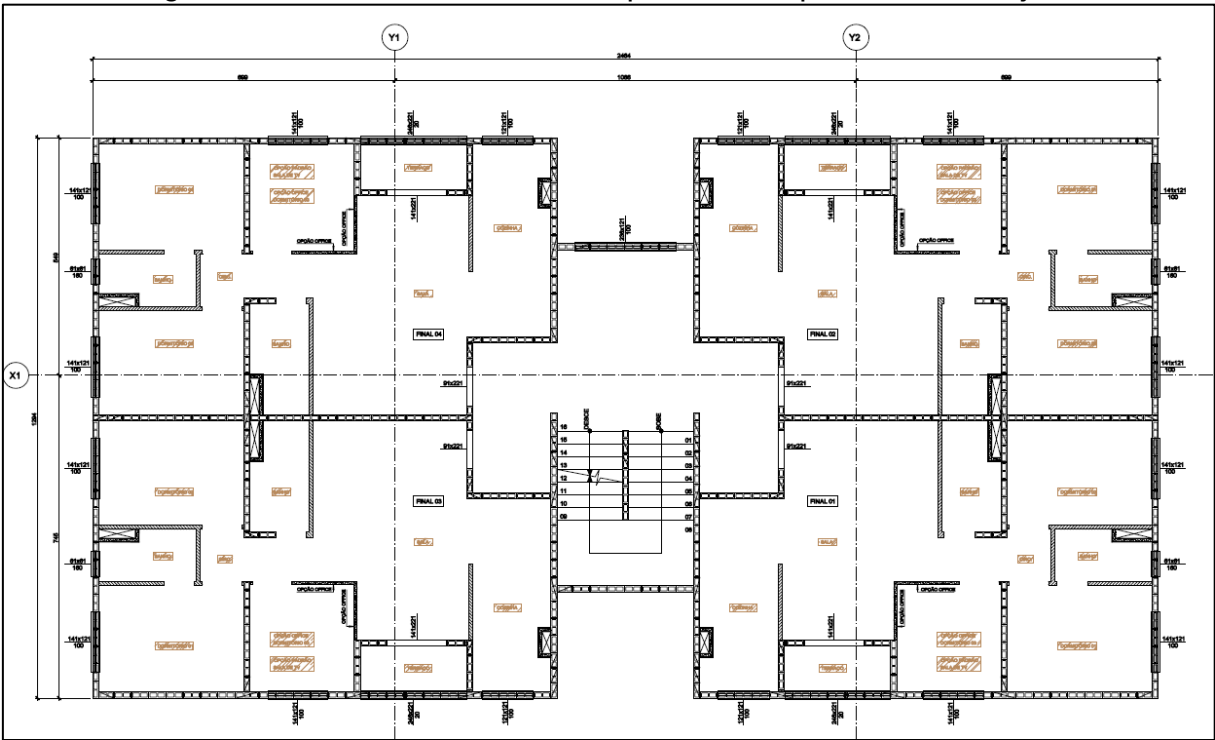
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura B.3. – Planta da 1ª fiada do pavimento térreo em Ante Projeto



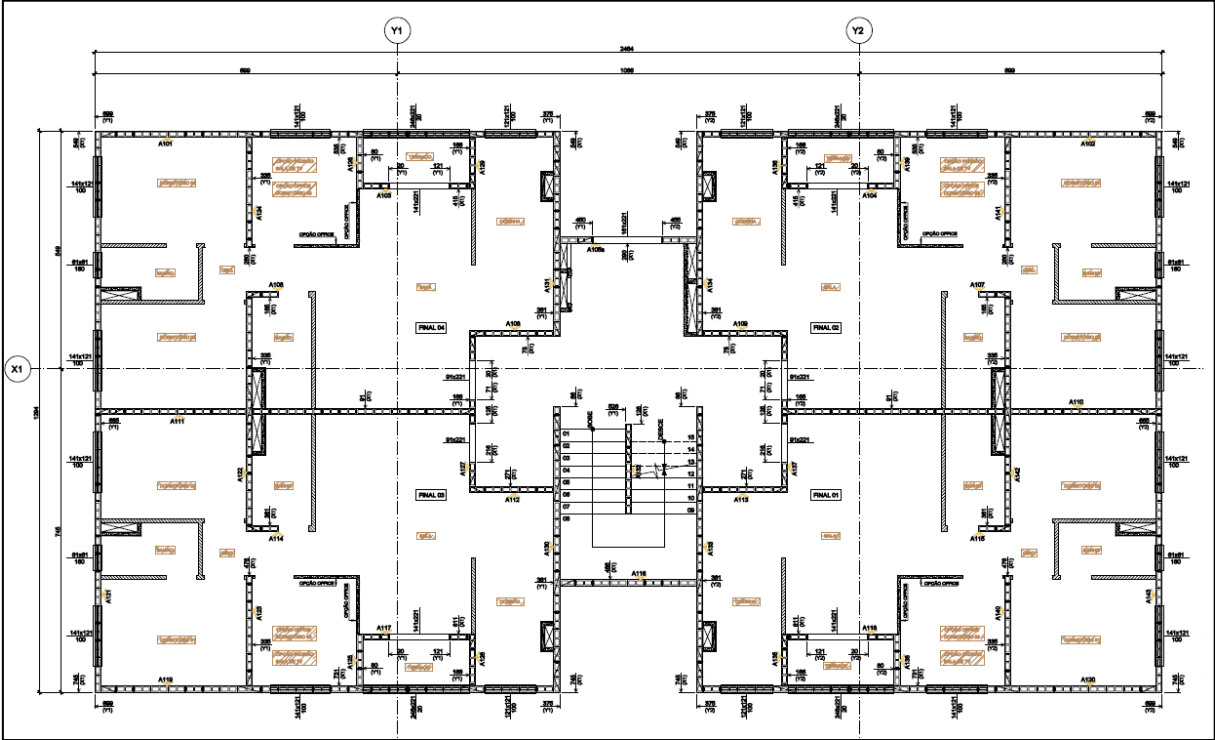
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura B.4. - Planta da 1ª fiada do pavimento tipo em Ante Projeto



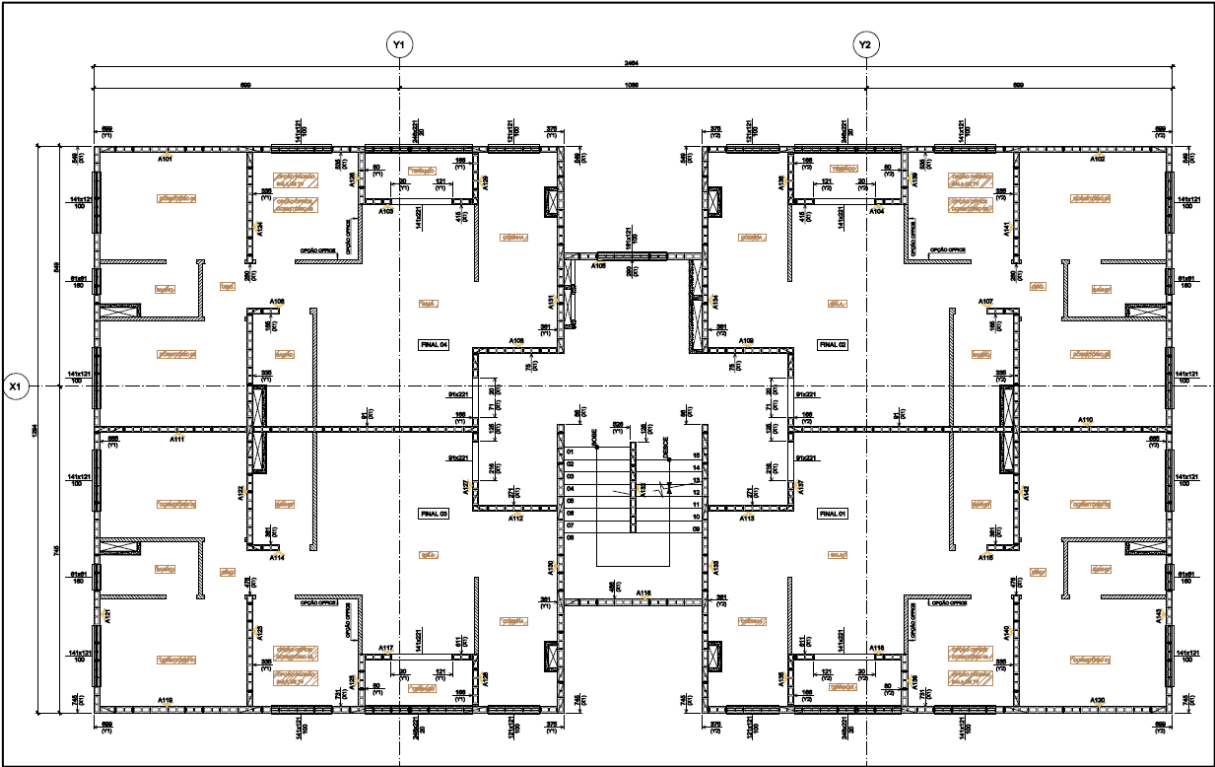
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura B.5.66 - Planta da 1ª fiada do pavimento térreo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

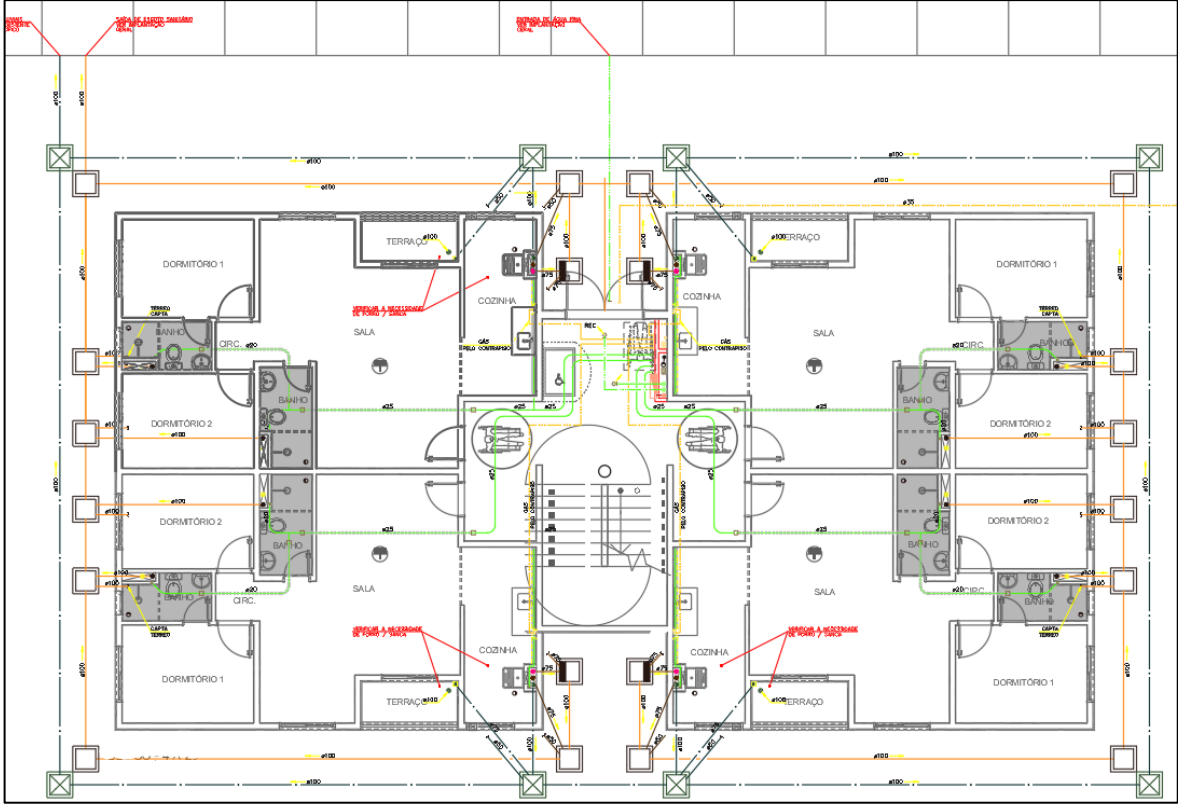
Figura B.6. - Planta da 1ª fiada do pavimento tipo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

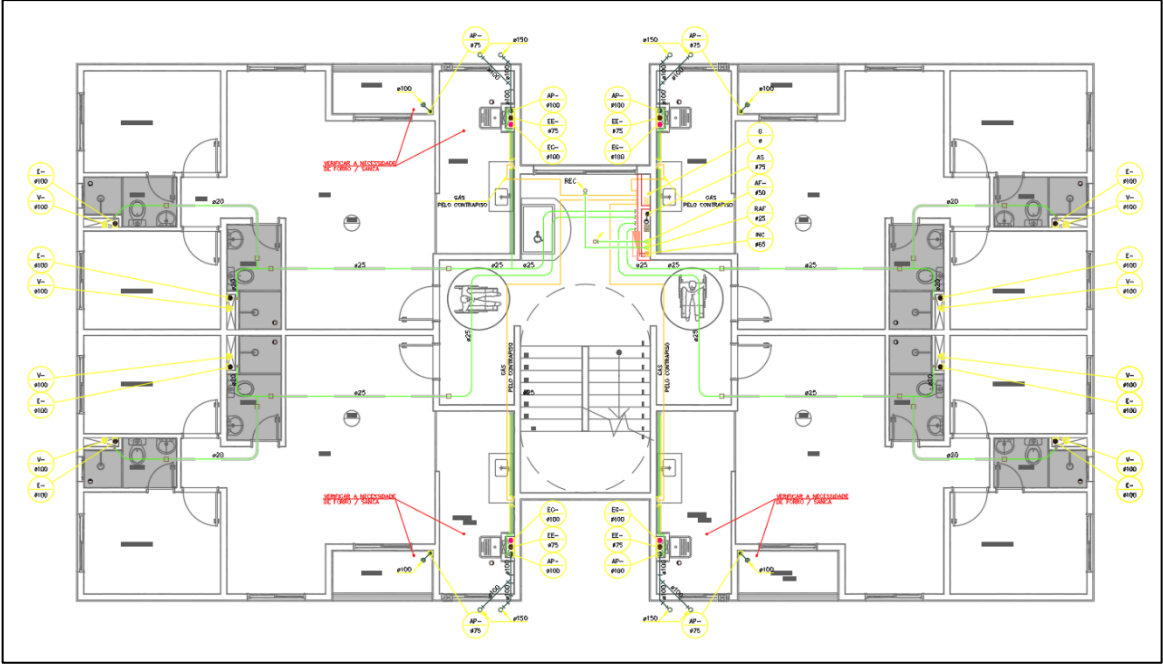
ANEXO C – PROJETO HIDRÁULICO

Figura C.1. - Planta do pavimento térreo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

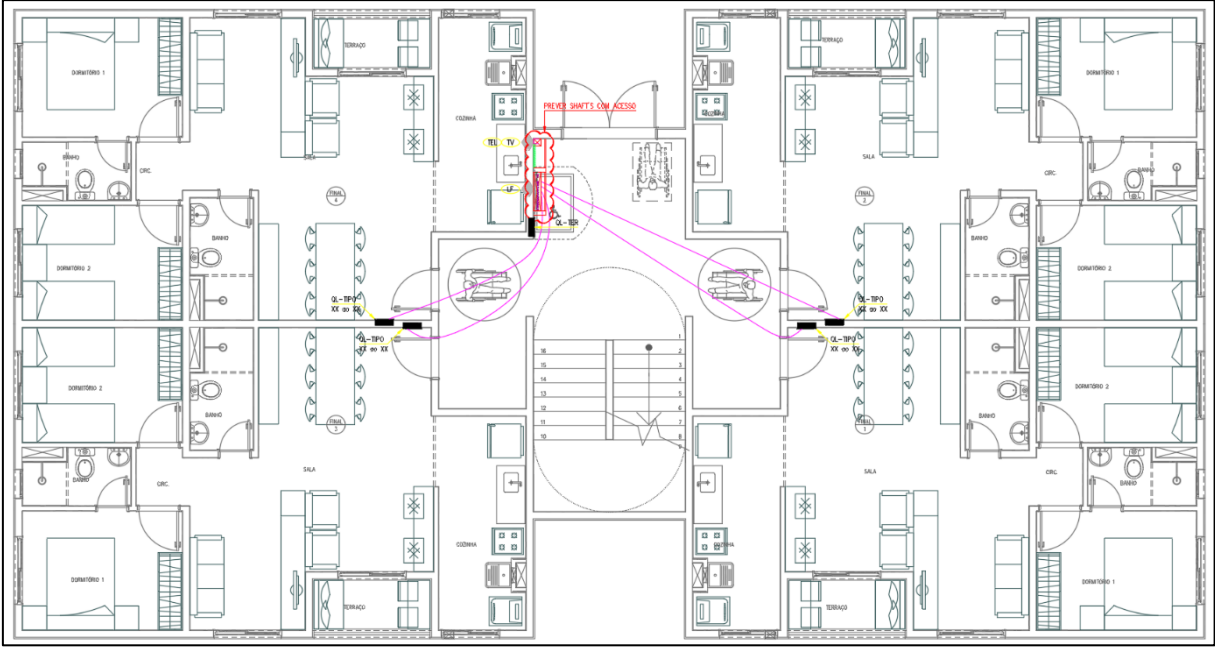
Figura C.2. - Planta do pavimento tipo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

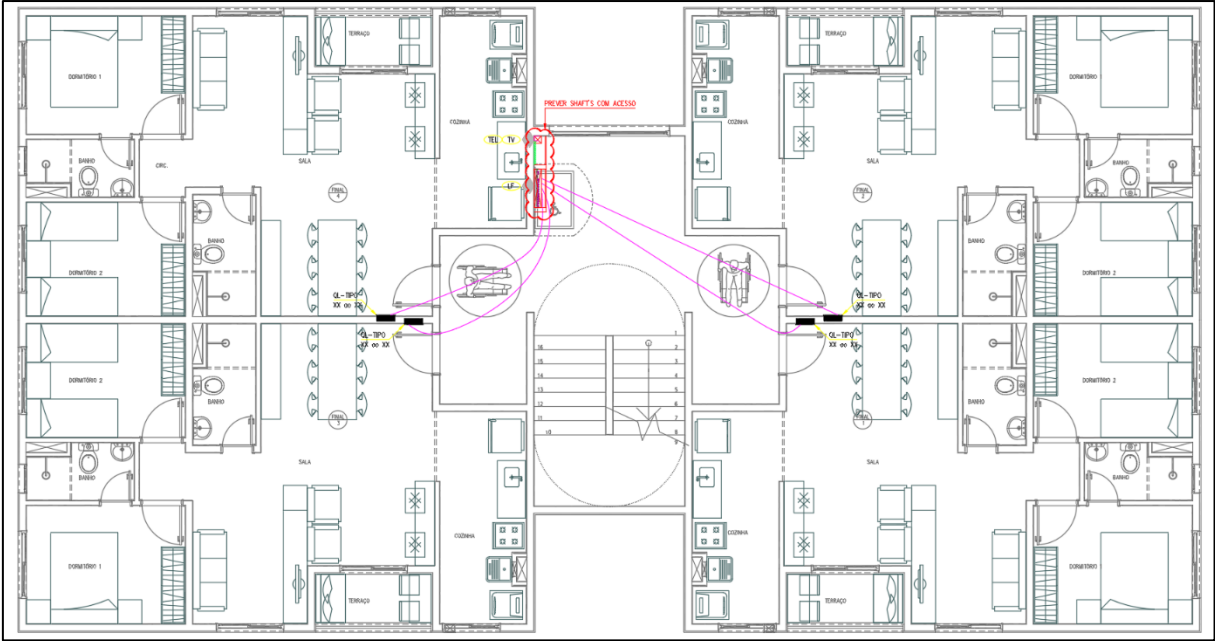
ANEXO D – PROJETO ELÉTRICO

Figura 67 - Planta Alimentadores e Sistemas do pav. térreo em Projeto Executivo



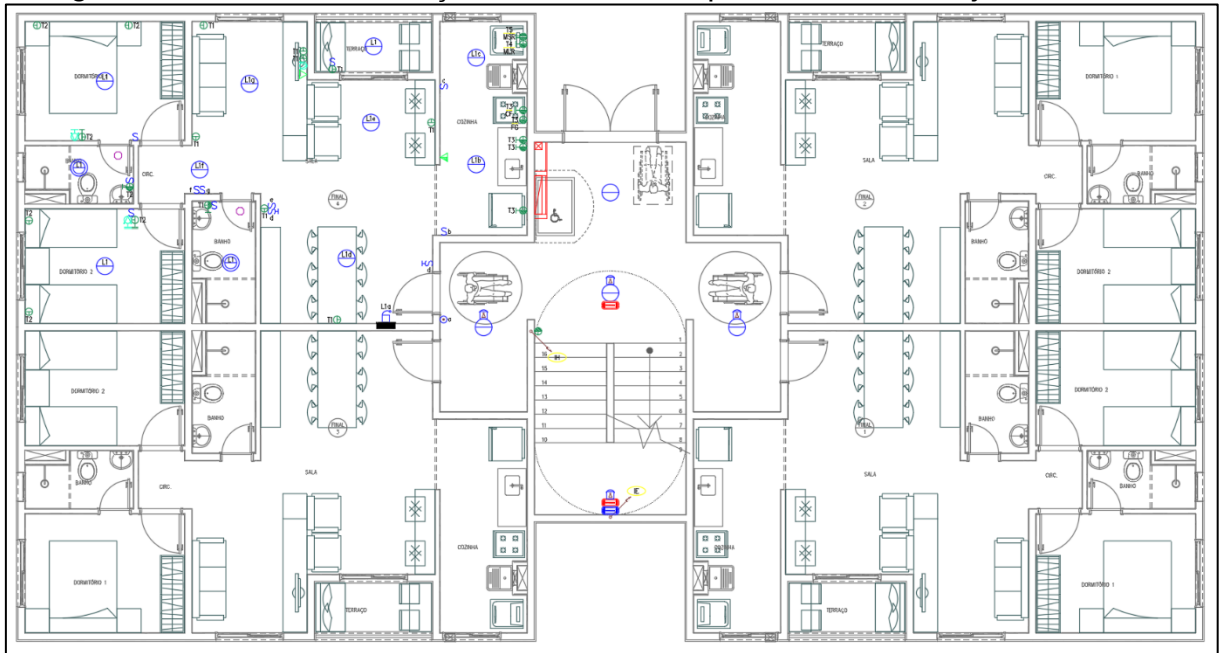
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura D.2. - Planta Alimentadores e Sistemas do pav. tipo em Projeto Executivo



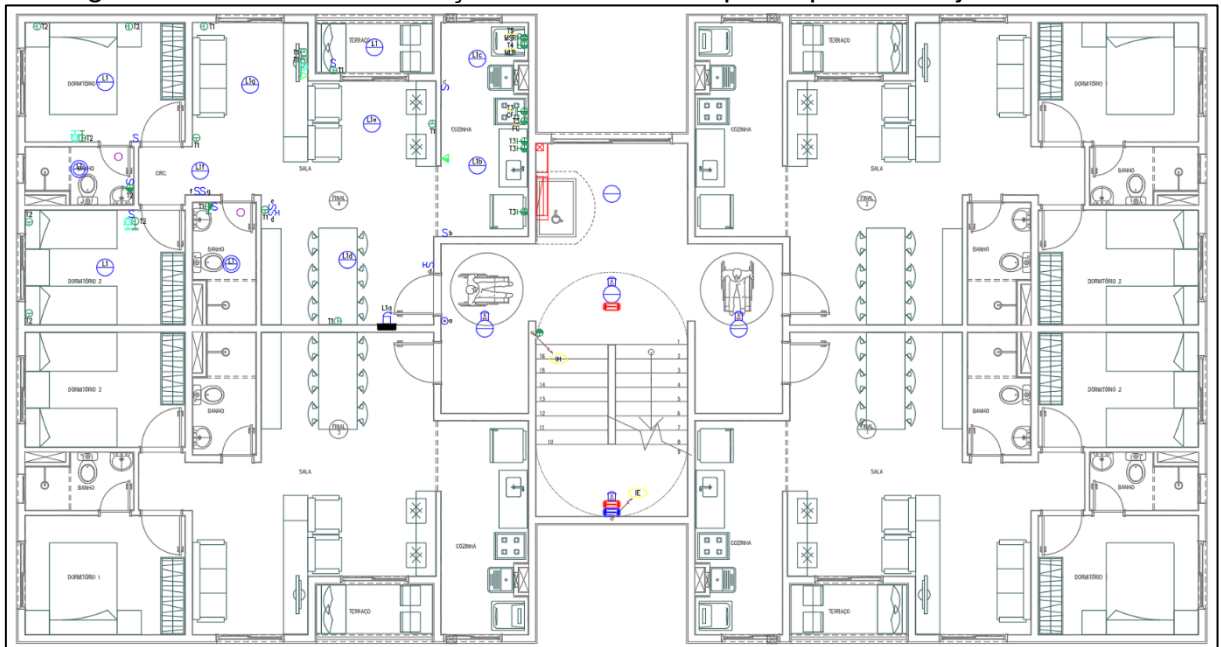
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura D.3. - Planta Iluminação e Tomadas do pav. térreo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura D.4. - Planta Iluminação e Tomadas do pav. tipo em Projeto Executivo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura D.5. - Legenda da Planta Iluminação e Tomadas

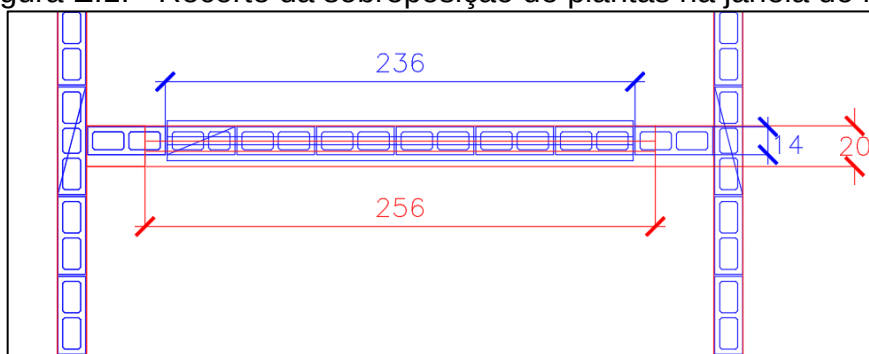
LEGENDA DE ELÉTRICA	
	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE LUZ E TOMADAS EMBUTIDO
	ELETRODUTO PARA FORÇA EMBUTIDO NO TETO E/OU PAREDE
	ELETRODUTO PARA LUMINAÇÃO E TOMADAS EMBUTIDO NO TETO E/OU PAREDE
	ELETRODUTO PARA TELEFONE EMBUTIDO NO PISO
	ELETRODUTO PARA TV EMBUTIDO NO PISO
	CABO FLEXÍVEL TIPO MULTIPOLAR 3xØ1,5mm ² – 0,6/1kV
	PONTO DE LUZ NO TETO PARA LÂMPADA LED DE 15W, PREVER CAIXA DE PASSAGEM
	PONTO DE LUZ NO FORRO PARA LÂMPADA LED DE 15W, PREVER CAIXA DE PASSAGEM
	BLOCO AUTÔNOMO DE SOBREPOR COM 1 LÂMPADA LED DE 9W NO TETO OU PAREDE h=2,20m – ACLARAMENTO
	BLOCO AUTÔNOMO DE SOBREPOR COM 1 LÂMPADA LED DE 9W NO TETO OU PAREDE h=2,20m – BALIZAMENTO
	LUMINÁRIA COM 1 LÂMPADA LED DE 15W NO TETO OU PAREDE – h=ALTA
	CIGARRA PARA CAMPAINHA EM CAIXA 4"x2" – h=ALTA
	SENSOR DE PRESENÇA NO TETO OU PAREDE EM CAIXA 4"x2" – h=ALTA
	BOTÃO PARA CAMPAINHA 10A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	INTERRUPTOR SIMPLES 10A/250V EM Cx.4x2" – h=MÉDIA
	INTERRUPTOR PARALELO 10A/250V EM Cx.4x2" – h=MÉDIA
	2 INTERRUPTORES SIMPLES 10A/250V EM Cx.4x2" – h=MÉDIA
	INTERRUPTOR SIMPLES 10A/250V + INTERRUPTOR PARALELO 10A/250V EM Cx.4x2" – h=MÉDIA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/10A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=BAIXA
	TOMADA DUPLA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/10A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=BAIXA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/10A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/10A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=ALTA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=BAIXA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=ALTA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/220V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	TOMADA DUPLA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/127V + TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/220V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	INTERRUPTOR SIMPLES 10A/250V + TOMADA PADRÃO BRASILEIRO 2P+T/20A/127V EM CAIXA 4"x2" – h=MÉDIA
	CAIXA DE PASSAGEM NO TETO, TIPO OCTOGONAL 4"x4"
	CAIXA DE PASSAGEM APARENTE NO TETO 150x150x100mm
	CAIXA DE PASSAGEM 4"x4" – h=BAIXA, EXCETO ONDE INDICADO
	PONTO PARA LIGAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM CAIXA 4"x2" – h=BAIXA, EXCETO ONDE INDICADO
	CAIXA DE PASSAGEM NO PISO 200x200x150mm
	PONTO PARA LIGAÇÃO DE MOTORES EM CAIXA 4"x2" – h=BAIXA, EXCETO ONDE INDICADO EM BANHEIROS h=FORRO
	ELETRODUTO QUE SOBE
	ELETRODUTO QUE DESCE
	ELETRODUTO QUE PASSA
	SUBIDA DE PRUMADA
	DESCIDA DE PRUMADA
	PASSAGEM DE PRUMADA

Fonte: Projetos cedidos (2025).

ANEXOS E – IMAGENS DAS INCOMPATIBILIDADES E AJUSTES NA COMPATIBILIZAÇÃO DIMENSIONAL ENTRE PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO TIPO

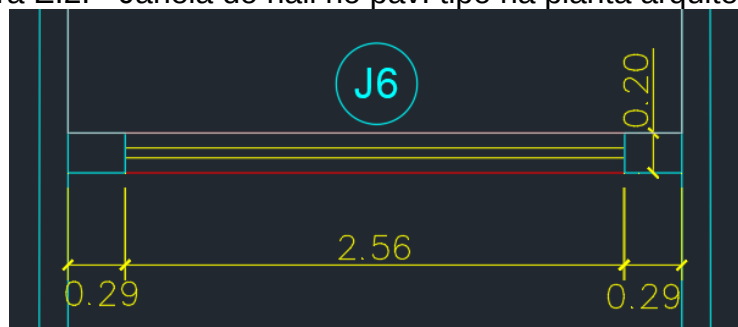
Este anexo apresenta os recortes das plantas arquitetônica e estrutural utilizados para ilustrar as incompatibilidades identificadas durante o processo de compatibilização dimensional.

Figura E.1. - Recorte da sobreposição de plantas na janela do hall



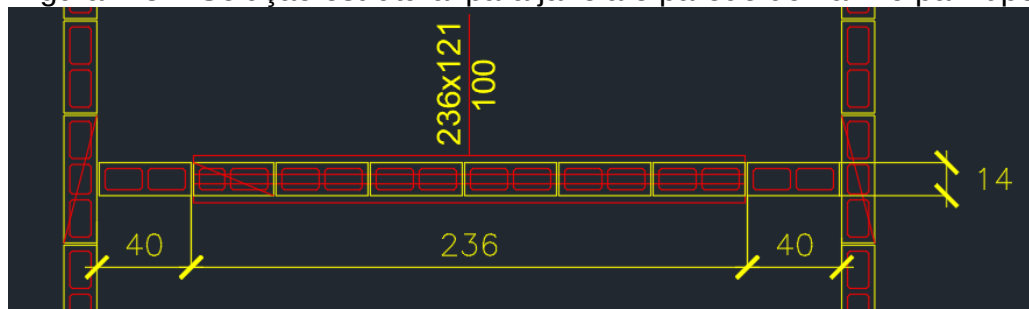
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.2. - Janela do hall no pav. tipo na planta arquitetônica



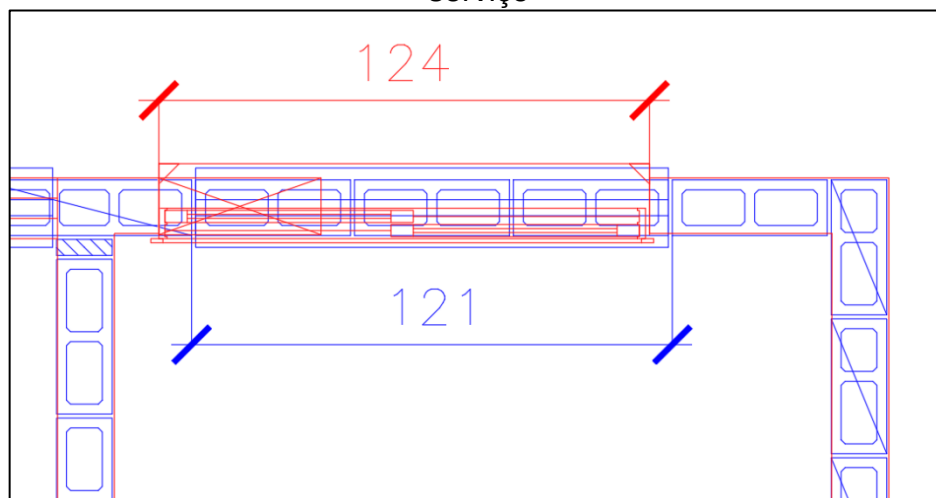
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura E.3. - Solução estrutural para janela e parede do hall no pav. tipo



Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura E.4. - Recorte da sobreposição das plantas na janela da cozinha / área de serviço



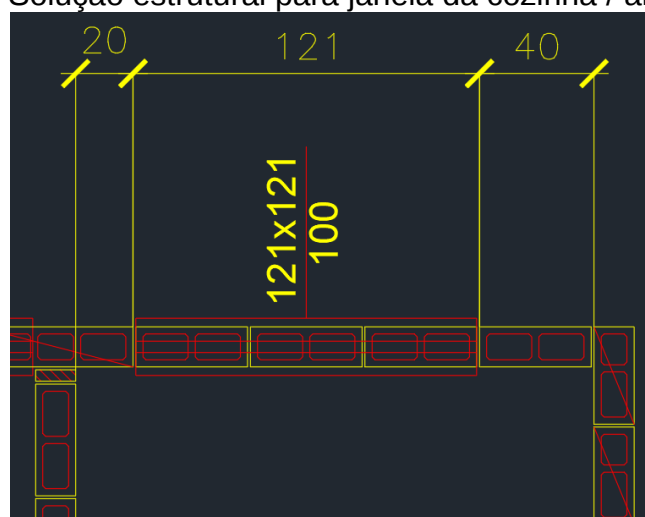
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.5.- Janela da cozinha / área de serviço na planta arquitetônica



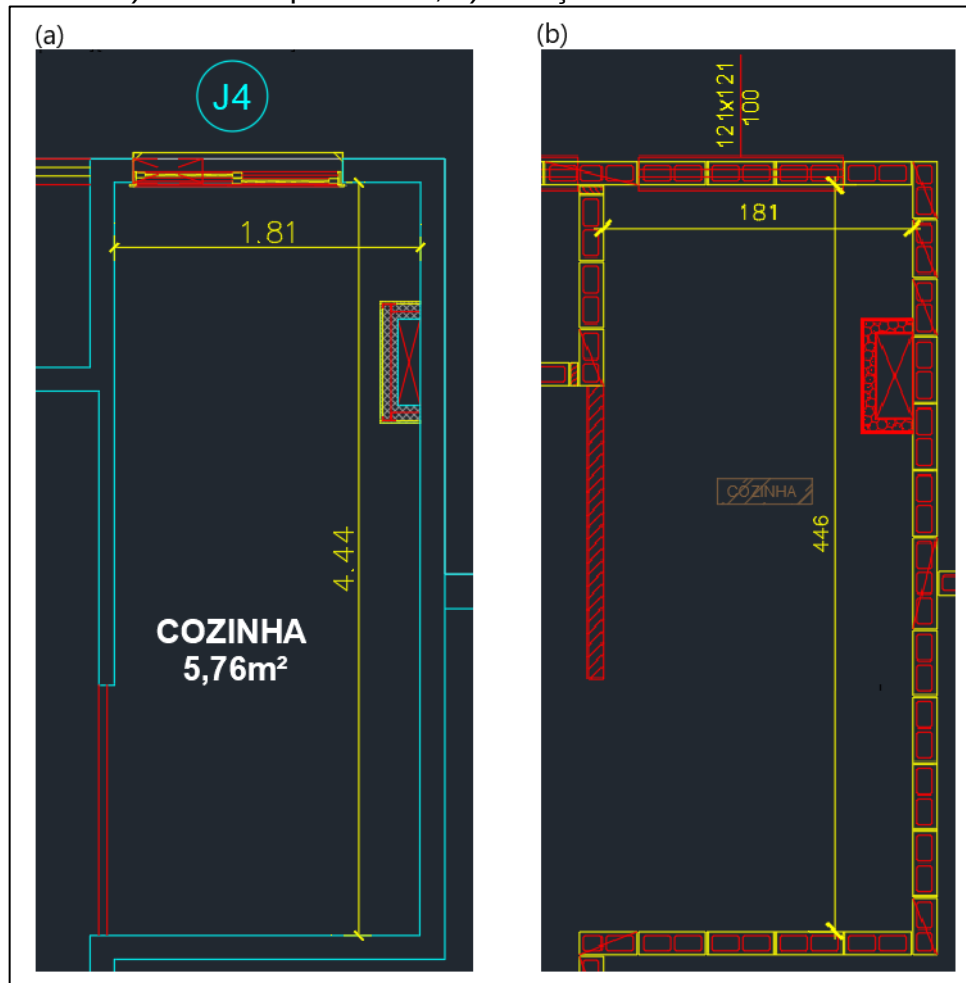
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura E.6. - Solução estrutural para janela da cozinha / área de serviço



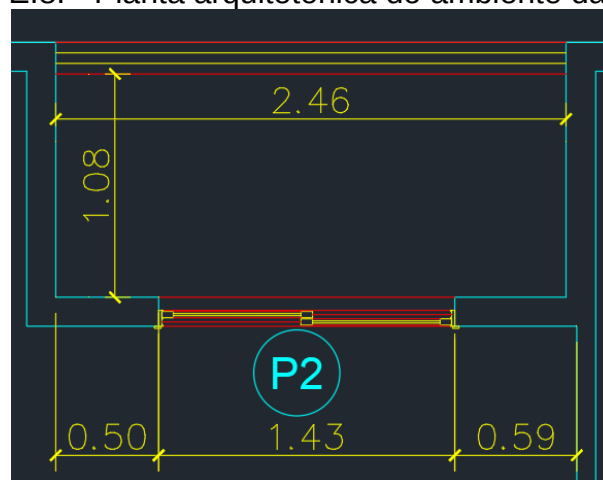
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura E.7. - Ambiente da cozinha / área de serviço
a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



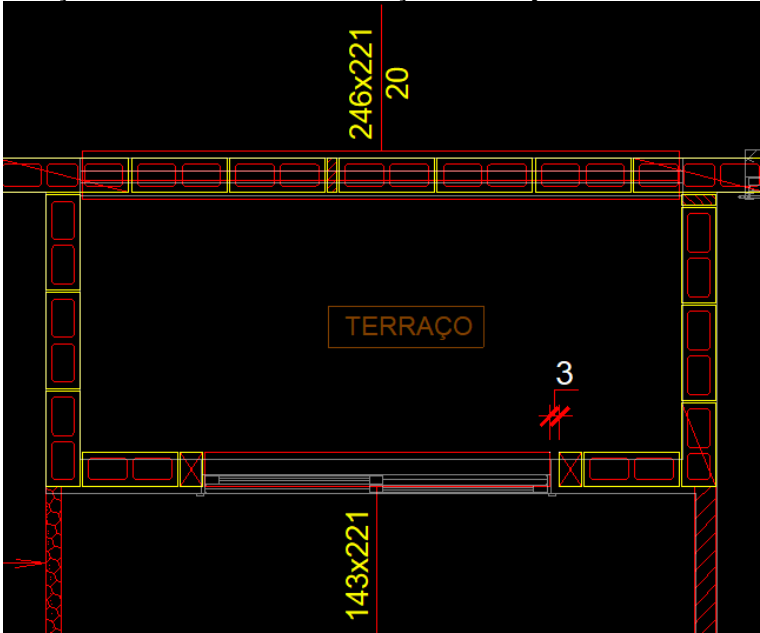
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.8. - Planta arquitetônica do ambiente da sacada



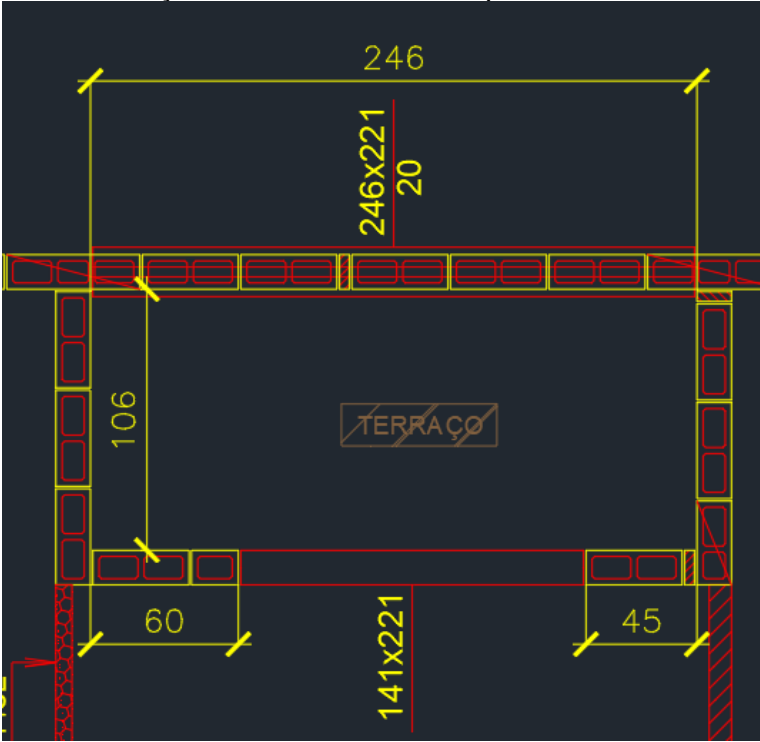
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura E.9. - Solução inviável sem realização dos ajustes do ambiente da sacada



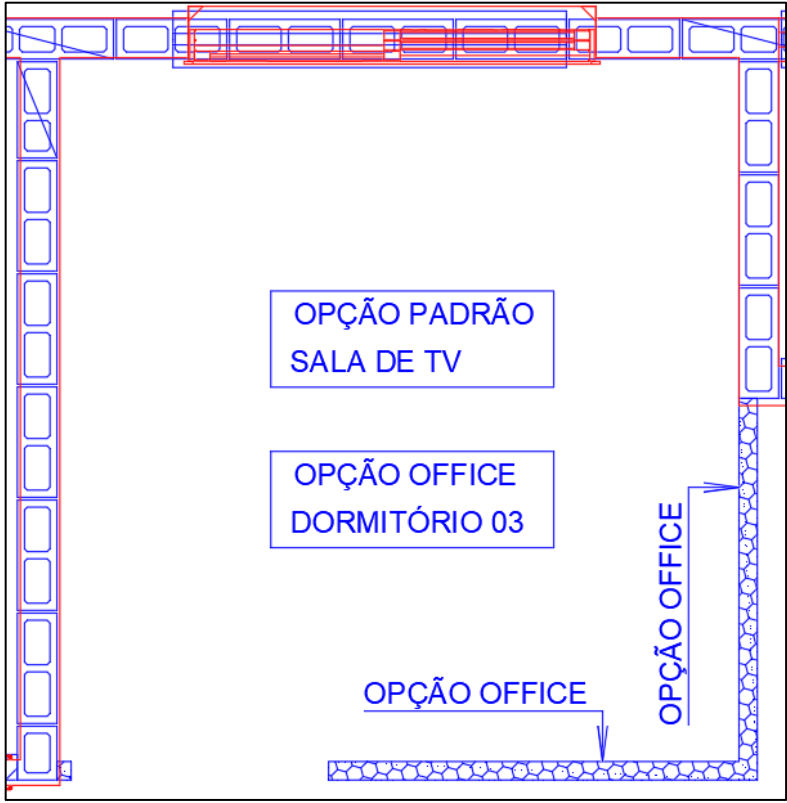
Fonte: Autora (2026).

Figura E.10. - Solução estrutural adotada para o ambiente da sacada



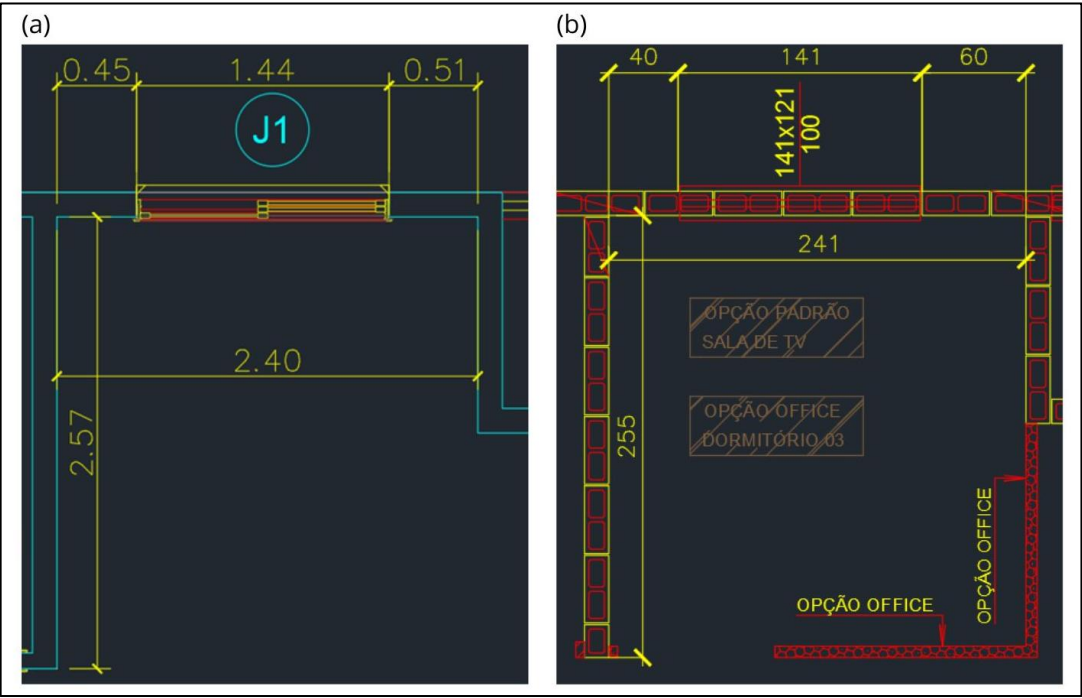
Fonte: Projetos cedidos (2025).

Figura E.11. - Recorte da sobreposição das plantas na sala de TV



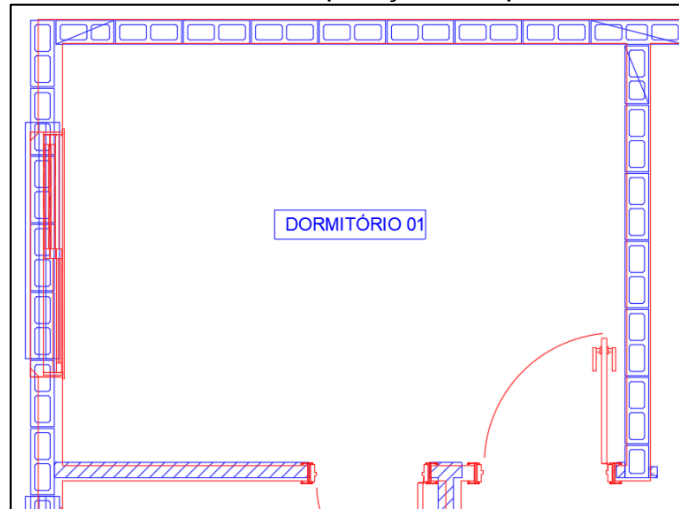
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.12. - Ambiente da sala de TV a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



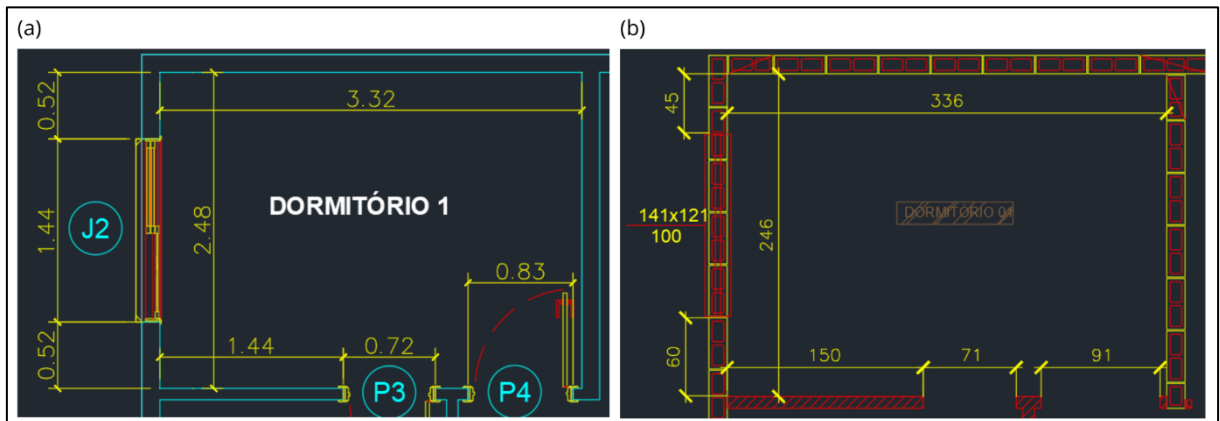
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.13. - Recorte da sobreposição das plantas no dormitório 1



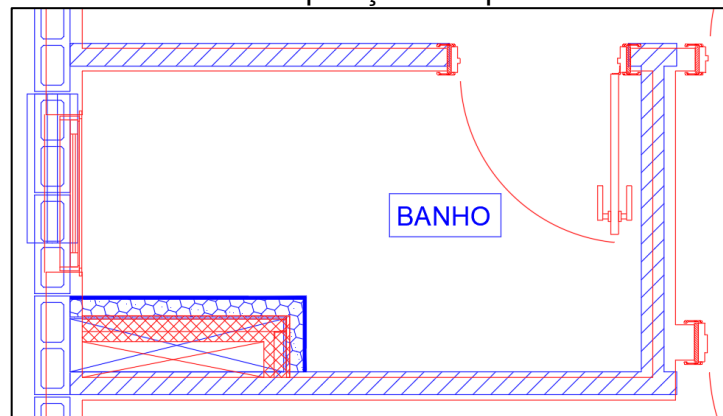
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.14. - Ambiente dormitório 1 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



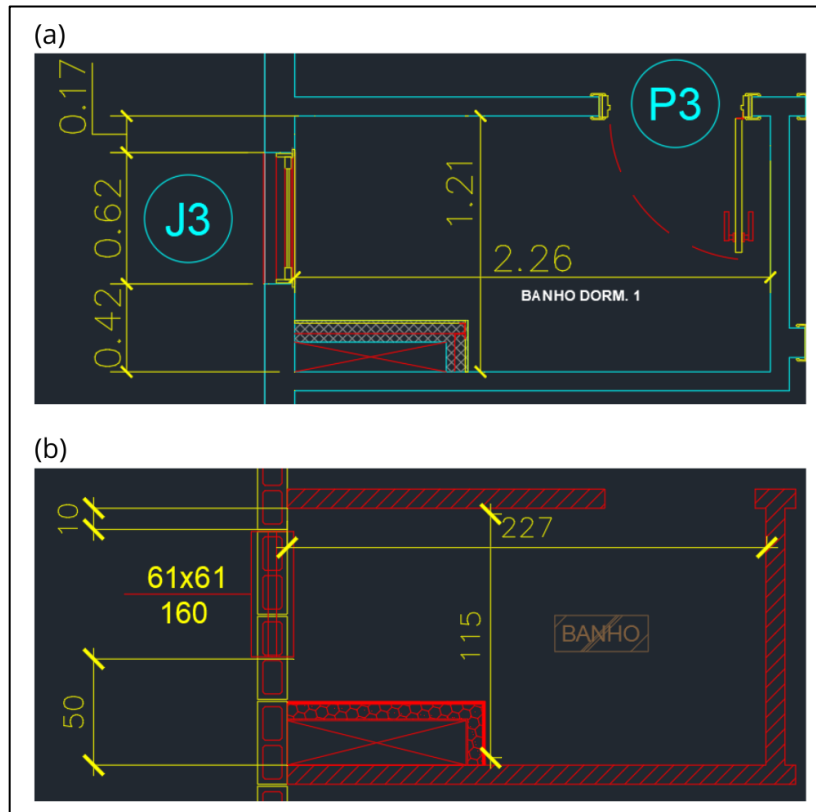
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.15. - Recorte da sobreposição das plantas no ambiente banho 1



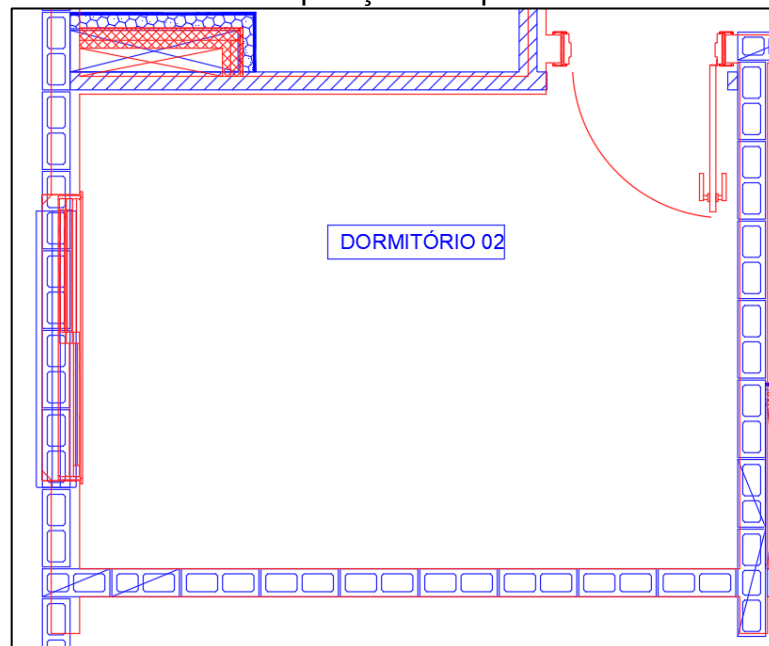
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.16. - Ambiente banho 1 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



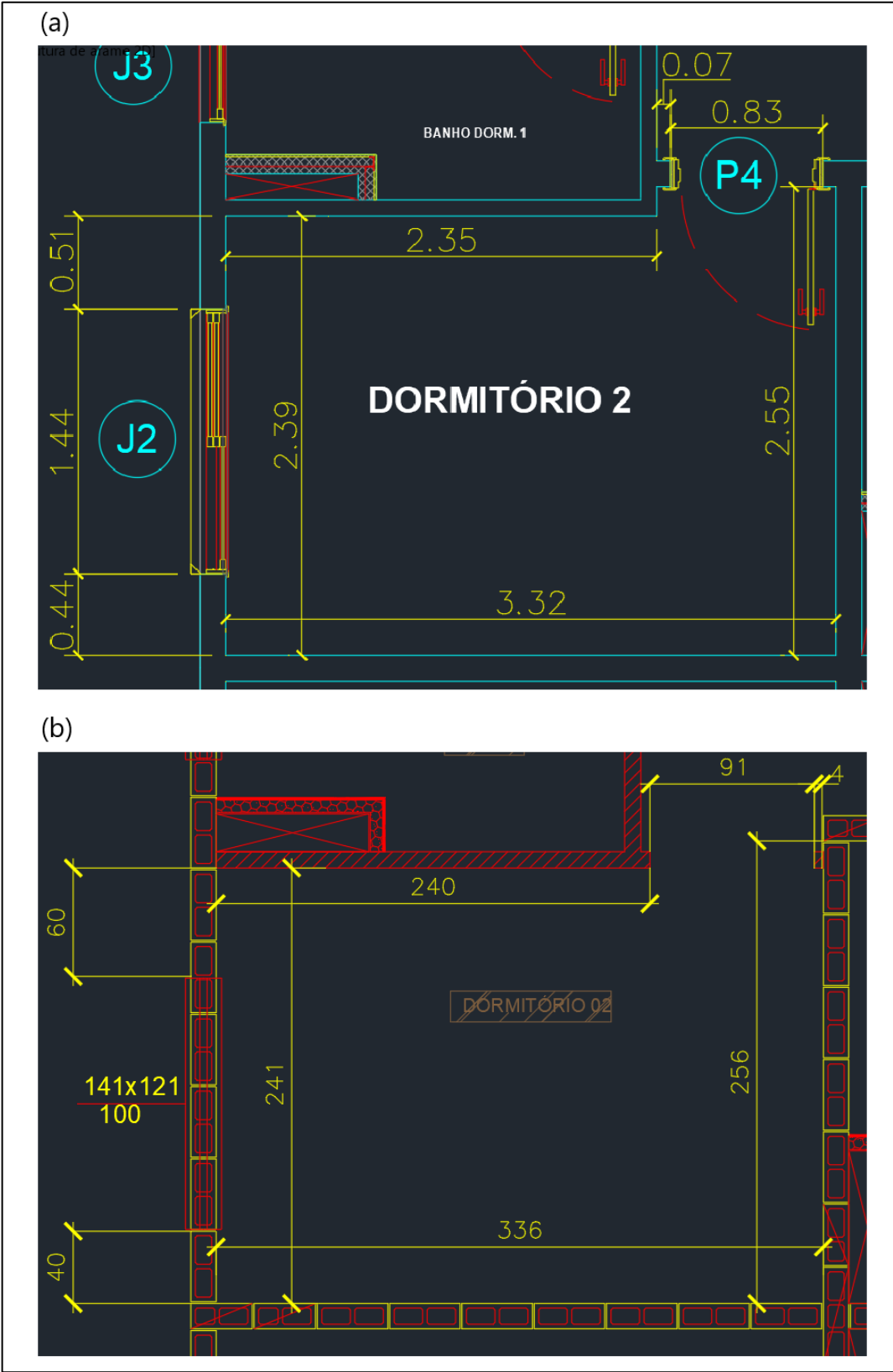
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.17. - Recorte da sobreposição das plantas no ambiente dormitório 2



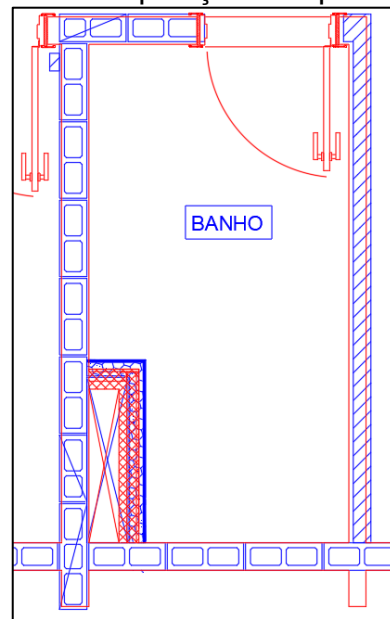
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura 68 Ambiente dormitório 2 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



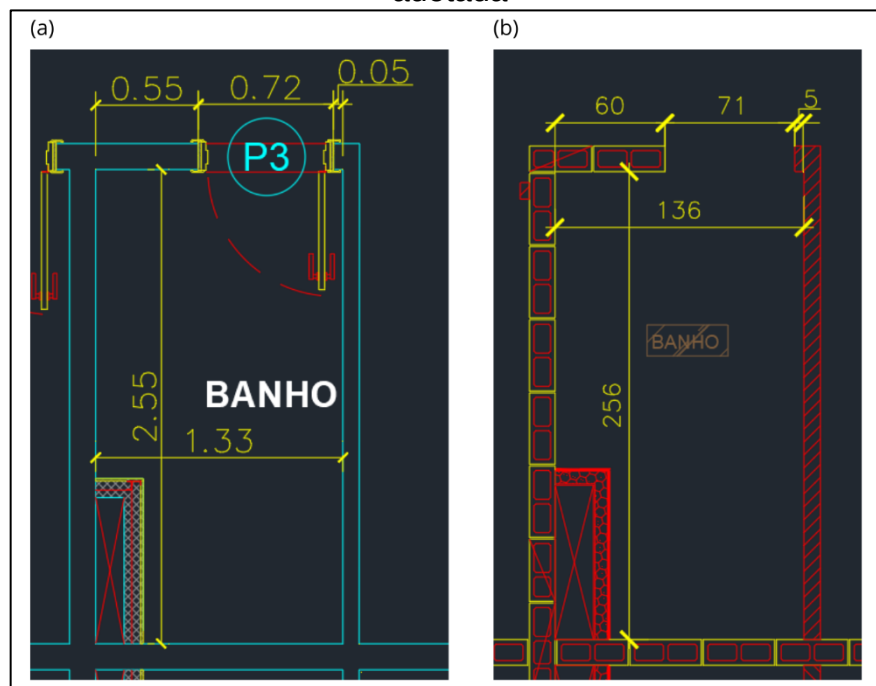
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.19. - Recorte da sobreposição das plantas no ambiente banho 2



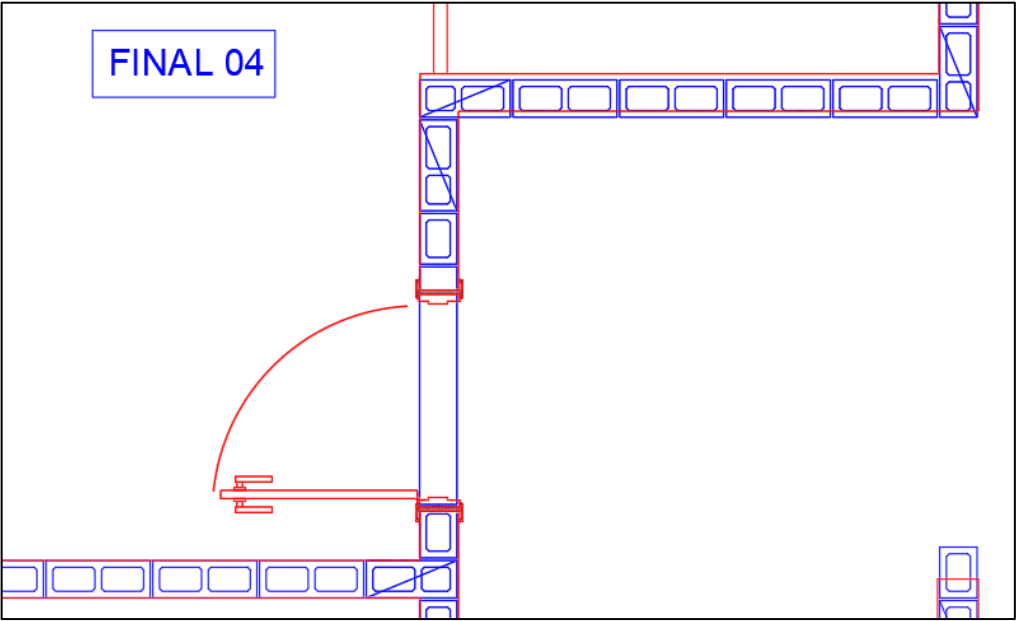
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.20. - Ambiente banho 2 a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



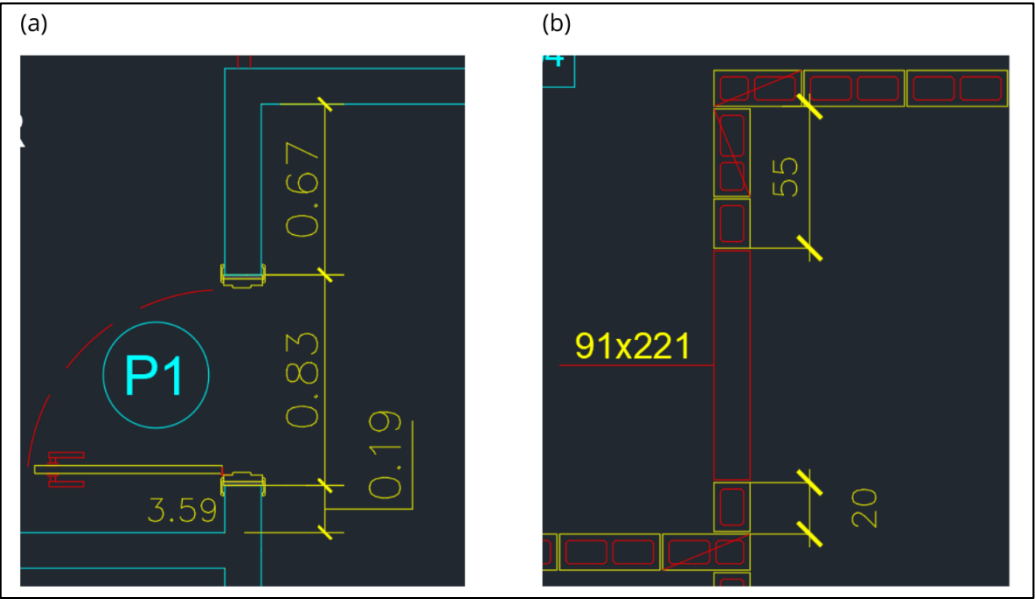
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.21. - Recorte da sobreposição das plantas no acesso do apartamento



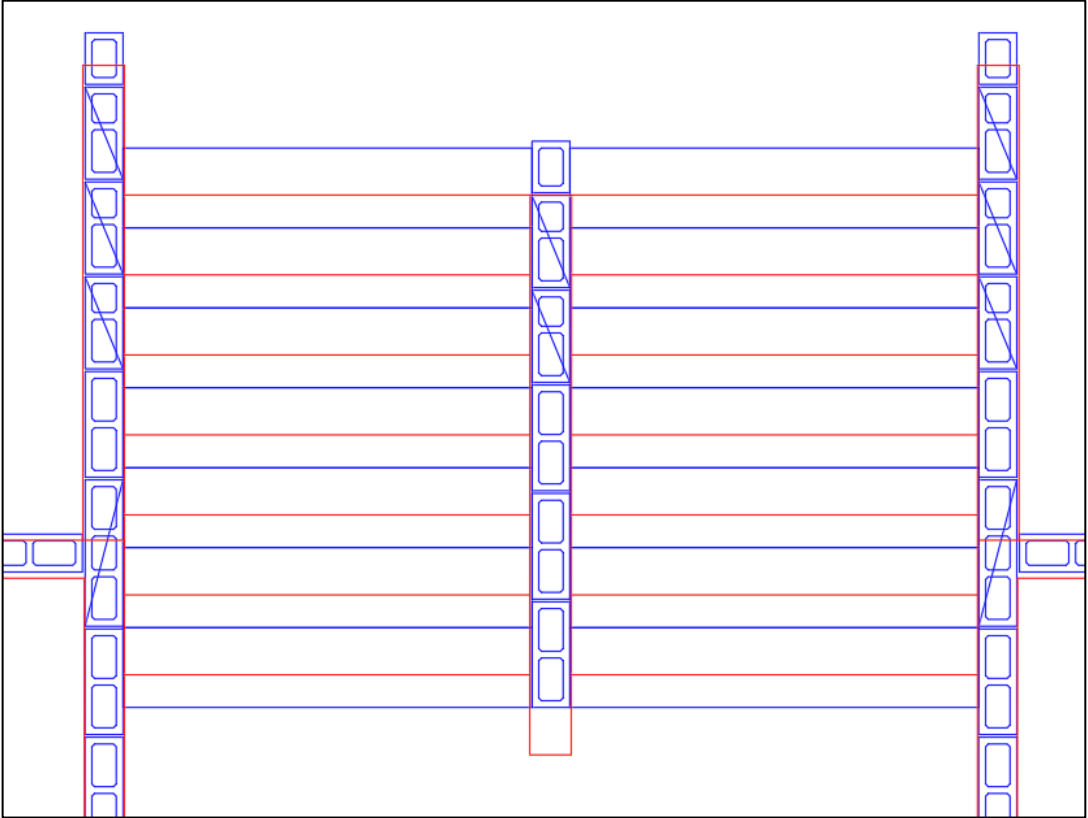
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.22. - Acesso ao apartamento a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



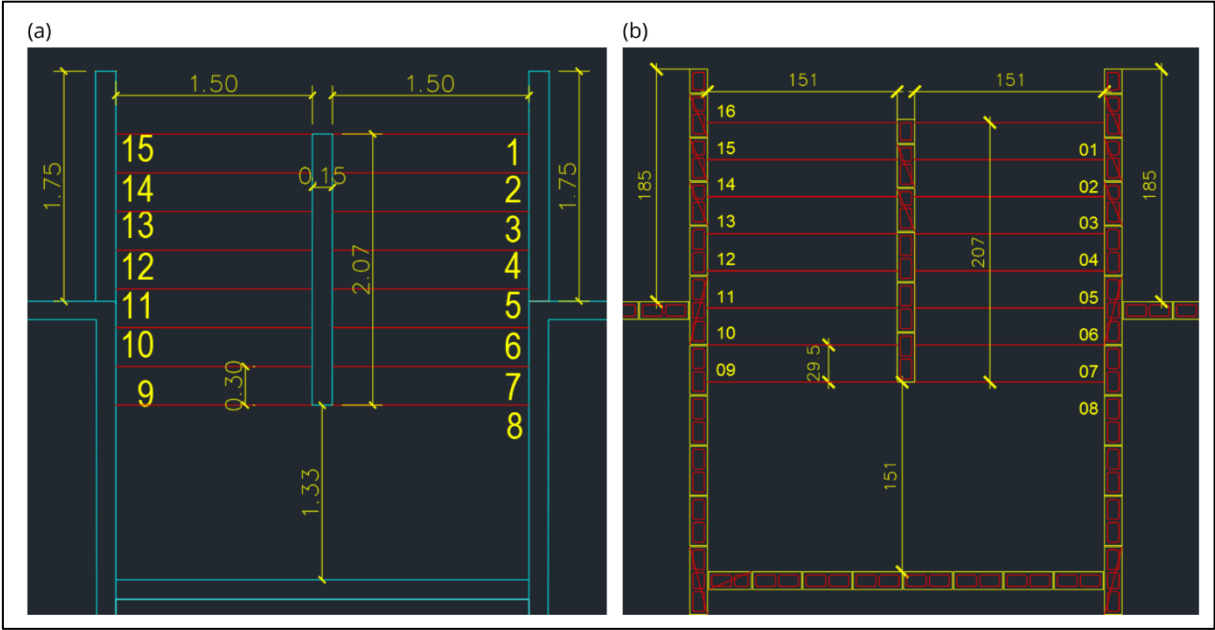
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura E.23. - 69 Recorte da sobreposição das plantas na região da escada



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

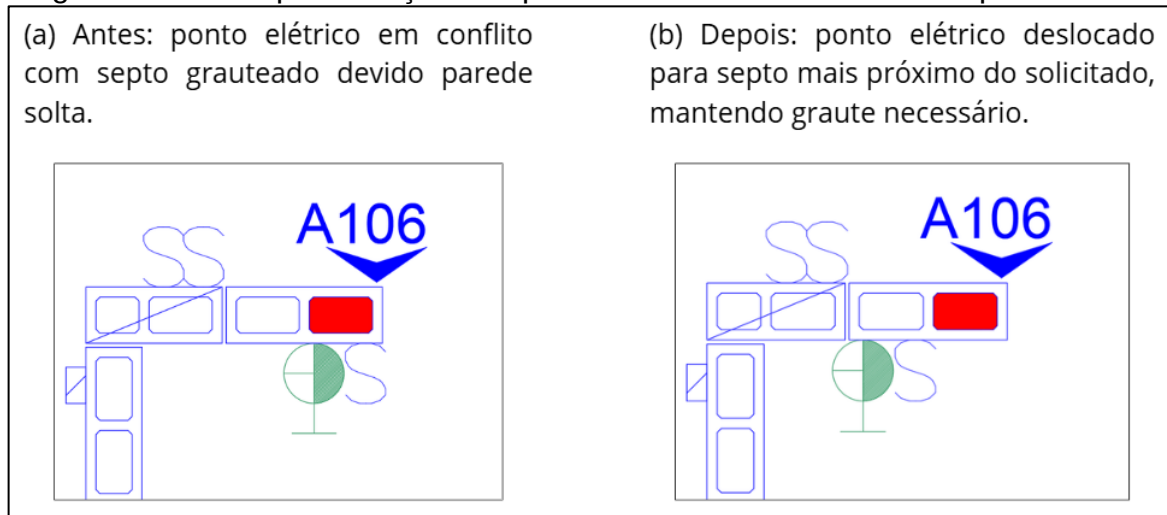
Figura E.24. - Escada a) Planta arquitetônica; b) Solução estrutural adotada



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

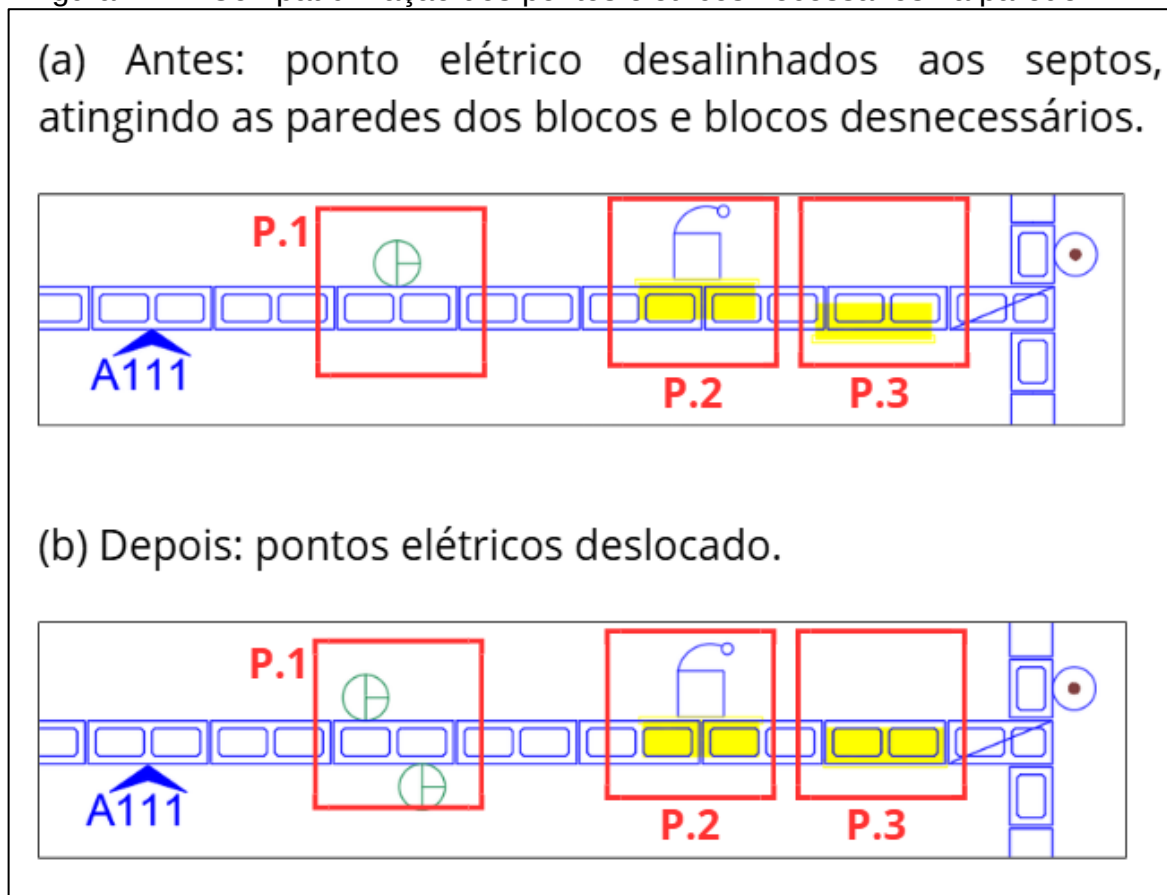
ANEXOS F – IMAGENS DAS INCOMPATIBILIDADES E AJUSTES NA COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETO ESTRUTURAL E ELÉTRICO

Figura F.1. - Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A106



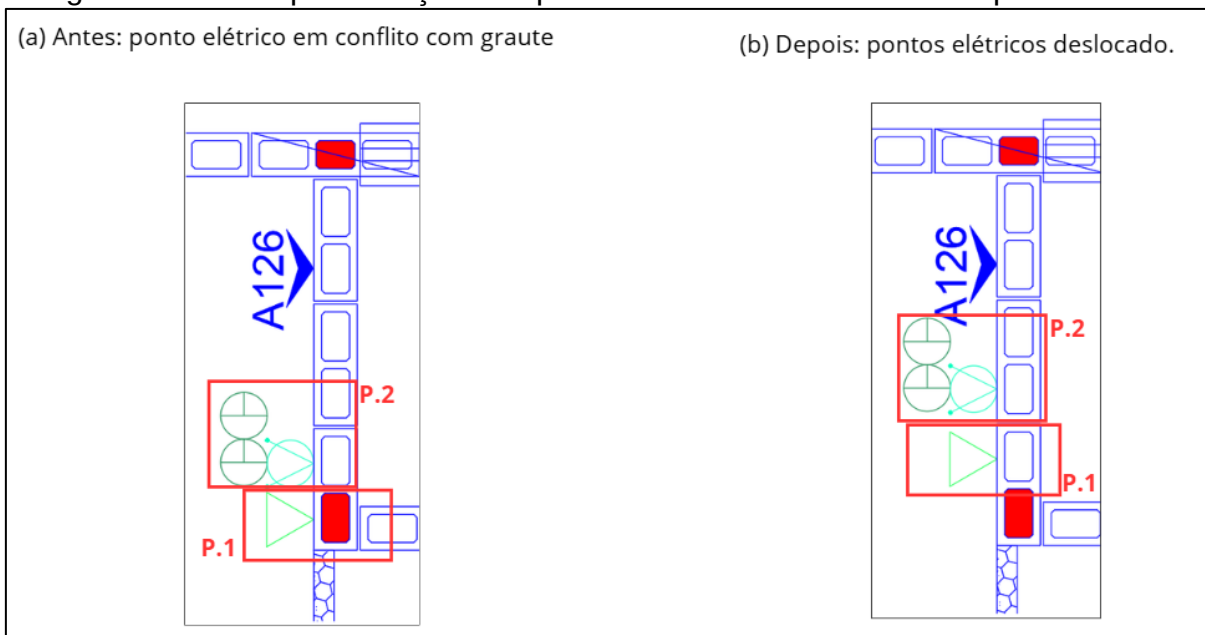
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura F.2. - Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A111



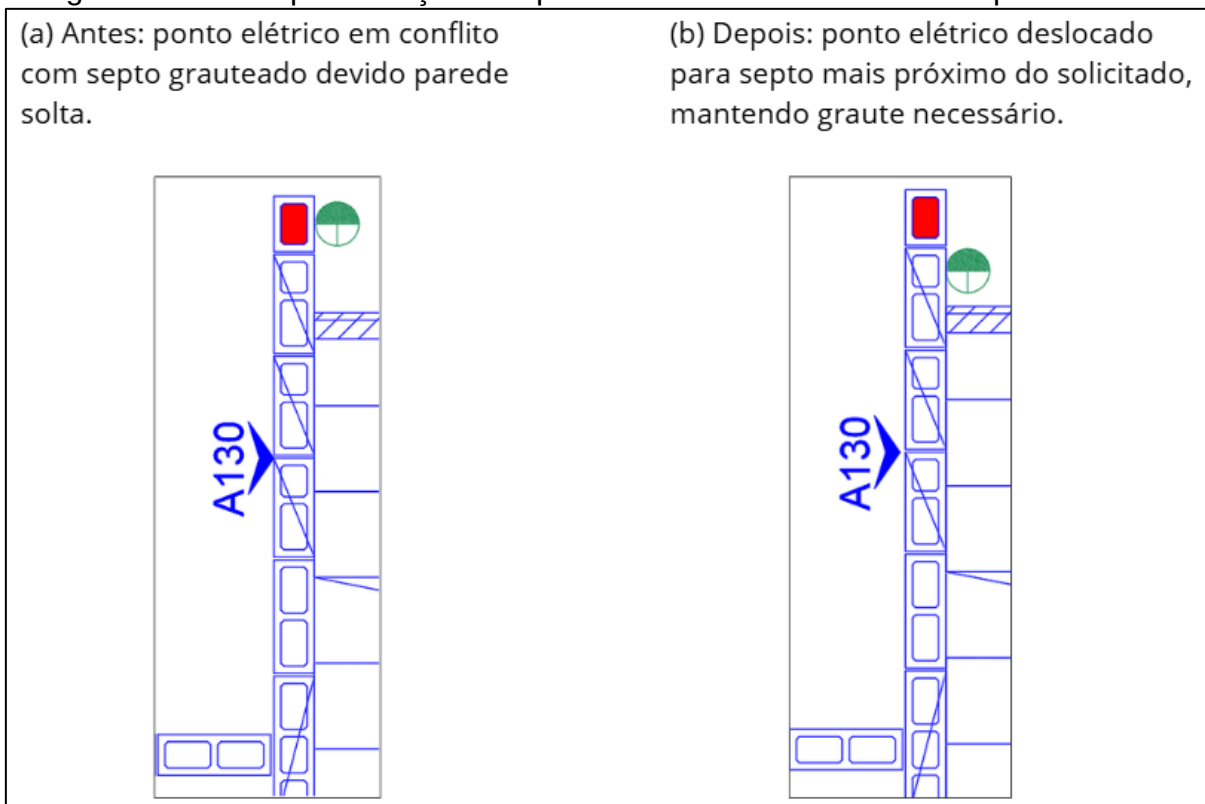
Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura F.3. - Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A126



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).

Figura F.4. - Compatibilização dos pontos elétricos necessários na parede A130



Fonte: Adaptado dos projetos cedidos (2025).