

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

BRUNO MIELNICZUK CORRÊA

**ANÁLISE DE REFORMA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR COM BASE NA NBR 15575**

Porto Alegre

Outubro de 2022

BRUNO MIELNICZUK CORRÊA

**ANÁLISE DE REFORMA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR COM BASE NA NBR 15575**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadoras:

Lais Zucchetti

Fernanda Lamego Guerra

Porto Alegre

Outubro de 2022

BRUNO MIELNICZUK CORRÊA

**ANÁLISE DE REFORMA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR COM BASE NA NBR 15575**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelas Professoras Orientadoras e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 19 de outubro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Lais Zucchetti

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Orientadora

Prof. Fernanda Lamego Guerra

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Orientadora

Ana Paula Maran

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Aldo Leonel Temp

Msc. pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Dedico este trabalho aos meus pais, Andréa e Francisco,
e a Myrele, minha namorada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que estiveram presentes durante toda a minha trajetória e que sempre me deram todas as condições e apoio para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Agradeço a Myrele, minha namorada, por todo o carinho, amor e apoio diário que me fortaleceram para que eu pudesse encarar os desafios desta jornada.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares que sempre me apoiaram ao longo da Graduação e me deram força para seguir em frente.

Meu muito obrigado às minhas orientadoras, Laís e Fernanda, por todo o suporte, disponibilidade e atenção que dedicaram a mim e a este trabalho.

Agradeço a Alma Engenharia e a todos os meus colegas de trabalho, pelas oportunidades de aprendizado, que foram essenciais para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Por fim, agradeço a todas as demais pessoas que, de alguma forma, marcaram esse ciclo da minha vida.

Nossa maior glória não está em nunca cair, mas em
levantar cada vez que caímos.

Confúcio

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise do projeto e execução de uma reforma e ampliação de uma edificação na cidade de Porto Alegre/RS sob o ponto de vista do desempenho de seus sistemas, a fim de julgar adequados, ou não, as especificações de projeto e os métodos executivos empregados. A principal referência para a realização desta análise é a ABNT NBR 15575 – Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, que estabelece as diretrizes necessárias para que se verifique o nível de desempenho de diferentes sistemas de edificações, como o sistema estrutural, de piso, de vedação e outros mais. É por meio da definição de requisitos e critérios que a norma possibilita que se realizem as verificações, sejam elas qualitativas ou quantitativas. As verificações realizadas limitaram-se ao sistema de piso – para o qual foram considerados os requisitos de estanqueidade, segurança no uso e na operação, e conforto tátil, visual e antropodinâmico – e ao sistema de vedação vertical externo da edificação, onde foram analisadas as janelas de PVC que foram instaladas na edificação, verificando-se o atendimento aos critérios e requisitos de estanqueidade e desempenho acústico para as esquadrias, além da verificação do percentual de aberturas para ventilação da residência. A partir do desenvolvimento do trabalho, constataram-se irregularidades em variados aspectos: desde a ausência de projetos específicos até práticas de execução inadequadas que desconsideraram recomendações normativas e de fabricantes, o que prejudicou o nível de desempenho atingido por elementos e sistemas construtivos, além de potencialmente limitar sua vida útil.

Palavras-chave: desempenho de edificações; reforma de edificações; NBR 15575; sistemas de piso; sistemas de vedação vertical externa; estanqueidade; esquadrias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta de implantação	15
Figura 2 - Intervenções realizadas durante a obra estudada	16
Figura 3 - Registros da edificação antes e após a realização da obra	17
Figura 4 - Planta baixa do pavimento térreo da edificação com destaque para esquadrias e pisos verificados	18
Figura 5 - Planta baixa do mezanino da edificação com esquadrias e sistemas de piso verificados em destaque	19
Figura 6 - Representação do projeto de demolição do Dormitório 04 e Banheiro 07 da edificação	28
Figura 7 - Projeto de construção do Dormitório 04 e Banheiro 07 da edificação	29
Figura 8 - Projeto de paginação de revestimentos do Dormitório 04 e Banheiro 07 da edificação	30
Figura 9 - Registro da utilização de argamassa autonivelante em dormitório da edificação ...	31
Figura 10 - Registro da execução de contrapiso de regularização em banheiro da edificação	32
Figura 11 - Registro da instalação de piso vinílico em dormitório da edificação	33
Figura 12 - Banheiro da edificação com o revestimento de porcelanato concluído.....	34
Figura 13 - Desnível observado no Dormitório 01 e Banheiro 07 da edificação	36
Figura 14 - Dados técnicos da argamassa polimérica utilizada.....	37
Figura 15 - Banheiro impermeabilizado pronto para recebimento do revestimento cerâmico	39
Figura 16 - Detalhe do projeto de demolição	45
Figura 17 - Detalhe do projeto de construção	46
Figura 18 - Representação 3D do projeto de reforma e ampliação da edificação	47
Figura 19 - Caderno de esquadrias desenvolvido pela empresa responsável pela execução da obra.....	48
Figura 20 - Diretrizes referentes ao preparo de vãos disponibilizadas pelo fabricante.....	49
Figura 21 - Registro da etapa de remoção de esquadrias	50
Figura 22 - Registro da etapa de requadro de vãos.....	51
Figura 23 - Representação de pingadeira instalada com caimento adequado	52
Figura 24 - Documento referente à medição dos vãos da obra	53

Figura 25 - Esquadria de PVC em processo de instalação	54
Figura 26 - Interação da janela de PVC com a pingadeira de basalto observada pelo lado externo da edificação	55
Figura 27 - Esquadria de PVC completamente instalada na edificação	56
Figura 28 - Tabela 2 da NBR 10821-2	59
Figura 29 - Zoneamento bioclimático brasileiro, adaptado da NBR 15220	60
Figura 30 - Altura a ser considerada na verificação de desempenho, adaptado da NBR 10821-2	61
Figura 31 - Janela de duas folhas móveis em estado de abertura máxima	64
Figura 32 - Área de piso do pavimento térreo considerada para verificação de desempenho térmico	65
Figura 33 - Área de piso do segundo pavimento considerada para verificação de desempenho térmico	66
Figura 34 - Zoneamento bioclimático brasileiro	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Camadas de acabamentos de sistemas de piso de ambientes verificados, antes e após a realização da obra	19
Quadro 2 - Alterações das características das esquadrias da edificação após a realização da obra	20
Quadro 3 - Resultados da verificação referente à planicidade dos pisos	35
Quadro 4 - Recomendações em relação ao coeficiente de atrito dinâmico de pisos	41
Quadro 5 - Dados técnicos do porcelanato e do piso vinílico utilizado	42
Quadro 6 - Checklist referente ao processo de instalação de esquadrias disposto na NBR 10821-5 (ABNT, 2017).....	57
Quadro 7 - Valores dos índices de redução sonora ponderados das esquadrias testadas, com seu respectivo nível de desempenho	58
Quadro 8 - Valores de pressão de vento conforme características da edificação e região do país, adaptado da NBR 10821-2	62
Quadro 9 - Resultados dos ensaios e níveis de desempenho obtidos, adaptado do PBQP-H ..	62
Quadro 10 - Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar	66
Quadro 11 - Verificação dos percentuais de abertura para ventilação para os APP da edificação	68

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Objetivo.....	14
1.2.	Objeto de estudo.....	14
1.3.	Escopo	20
1.4.	Estrutura de Apresentação do Estudo	21
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.	MÉTODO	26
4.	SISTEMA DE PISO	28
4.1.	Especificações de projeto.....	28
4.2.	Método executivo	30
4.3.	Homogeneidade quanto à planicidade da camada de acabamento.....	34
4.3.1.	Nível de desempenho.....	34
4.4.	Estanqueidade de áreas molhadas.....	36
4.4.1.	Material utilizado	37
4.4.2.	Método Executivo.....	38
4.4.3.	Nível de desempenho.....	40
4.5.	Coeficiente de atrito da camada de acabamento.....	40
4.5.1.	Nível de desempenho.....	40
5.	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA.....	44
5.1.	Esquadrias de PVC	44
5.1.1.	Especificações de projeto.....	44
5.1.2.	Método Executivo.....	49
5.1.3.	Desempenho acústico de esquadrias de PVC	57
5.1.4.	Estanqueidade de esquadrias de PVC	58
5.1.5.	Desempenho térmico do SVVE.....	63
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
7.	REFERÊNCIAS	71

1. INTRODUÇÃO

O conceito de desempenho na construção civil tem relação com o comportamento dos sistemas, componentes e elementos construtivos e a interação que estabelecem com o ambiente durante o uso das edificações. Sabendo disso, nota-se que um dos grandes desafios é fazer com que este comportamento atenda às expectativas dos usuários das edificações ao longo de sua vida útil e, ao mesmo tempo, conseguir que atinja um nível de rentabilidade atrativo para o empreendedor. Isso faz com que, muitas vezes, o nível de desempenho não receba a prioridade devida, dando espaço para materiais de baixa qualidade e mão de obra pouco qualificada, que são mais atrativos financeiramente. Conforme o estudo “Desempenho Econômico da Indústria da Construção – segundo trimestre de 2022” (CBIC, 2022), a falta e o alto custo de insumos e de trabalhadores qualificados estão entre os principais problemas do setor da construção civil. Sendo assim, é importante que existam fatores e ferramentas que promovam uma prática construtiva voltada para a qualidade e o desempenho dos produtos.

Em vigor desde 2013, a NBR 15575 (ABNT, 2021), foi publicada com o objetivo de estabelecer padrões mínimos de desempenho no que diz respeito a questões de segurança, sustentabilidade e habitabilidade das edificações. Além disso, ela busca analisar o comportamento da edificação ao longo de sua vida útil, trazendo critérios e requisitos com métodos de avaliação específicos para os diferentes aspectos da edificação. A norma é dividida em seis partes, sendo elas:

- NBR 15575-1 - Requisitos Gerais
- NBR 15575-2 - Requisitos para Sistemas Estruturais
- NBR 15575-3 - Requisitos para Sistemas de Piso
- NBR 15575-4 - Requisitos para Sistemas de Vedação
- NBR 15575-5 - Requisitos para Sistemas de Cobertura
- NBR 15575-6 - Requisitos para Sistemas Hidrossanitários

A norma também atribui responsabilidades aos participantes do processo de construção, compra e utilização de uma edificação, entre eles: projetistas, fornecedores, construtores, incorporadores e usuários. Com isso, ficam definidas as atribuições de cada um e estabelecido que, para que o nível de desempenho máximo seja atingido, é necessário um esforço coletivo dos envolvidos, trabalhando em conjunto em busca do mesmo propósito.

O desempenho também vem à tona quando consideramos a constante degradação de edificações e suas partes, que traz consigo a crescente necessidade da realização de intervenções que têm o objetivo de restabelecer um nível de desempenho mínimo de sistemas e elementos construtivos existentes ou de adaptar o imóvel a novas necessidades e preferências de seus usuários. Conforme a NBR 16280 (ABNT, 2020), a alteração nas condições de uma edificação existente, com ou sem mudança de função, visando recuperar, melhorar ou ampliar suas condições de habitabilidade, uso ou segurança, é definida como uma reforma de edificação. Segundo Moraes e Quelhas (2012), diversos fatores justificam o uso deste tipo de processo, destacando-se:

- o aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e da sua localização;
- o impacto na paisagem urbana;
- a preservação do patrimônio histórico e cultural;
- o déficit habitacional e a sustentabilidade ambiental;
- uma maior economia e eficiência do que a demolição seguida de uma reconstrução.

As reformas constituem um importante nicho da construção civil, que embora em constante desenvolvimento, ainda conta com um nível de informalidade alto. Segundo dados da “Pesquisa sobre os Impactos da Responsabilidade Social na Indústria da Construção”, apresentada no 89º Encontro Nacional da Indústria da Construção (Enic) em 2017, 2 milhões de profissionais integram o mercado informal da construção, número expressivo se comparado aos 2,2 milhões de trabalhadores com carteira assinada do setor. Muitas obras ainda ocorrem sem a supervisão de um responsável técnico habilitado ou sem as ferramentas, equipamentos e materiais adequados, prejudicando o desempenho e a durabilidade dos produtos entregues aos usuários. Por isso, faz-se importante estar atento aos requisitos mínimos estabelecidos pela norma de desempenho, uma vez que uma edificação esteticamente atraente e bem-acabada não necessariamente corresponde a um produto que apresente um nível mínimo de desempenho adequado.

Considerando estes aspectos, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma análise técnica onde busca-se verificar o atendimento aos critérios e requisitos normativos definidos pela NBR 15575 (ABNT, 2020) - mesmo que esta não se aplique a reformas de edificações -

para sistemas de piso e sistemas de vedação vertical externa, tendo como objeto de estudo a reforma e ampliação de uma edificação existente na cidade de Porto Alegre.

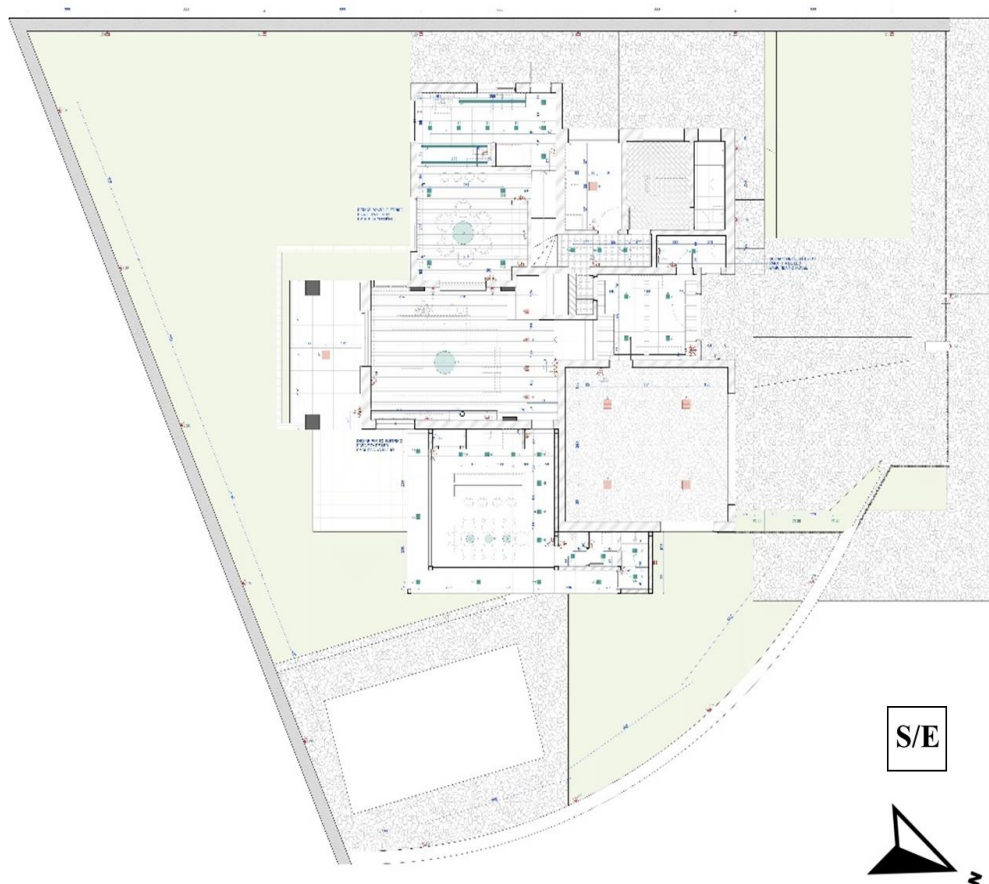
1.1. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo principal verificar e analisar intervenções realizadas em sistemas de piso e de vedação vertical externa durante a reforma de uma edificação unifamiliar localizada em Porto Alegre, tendo em vista as exigências normativas estabelecidas pela NBR 15575 (ABNT, 2021) referentes a diferentes aspectos como segurança, estanqueidade, conforto acústico, térmico e antropodinâmico.

1.2. Objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho situa-se no Bairro Vila Assunção, na Zona Sul da cidade de Porto Alegre. Trata-se de uma edificação residencial unifamiliar com ambientes distribuídos em três níveis, e que tem a locação em seu lote disposta conforme planta baixa na Figura 1.

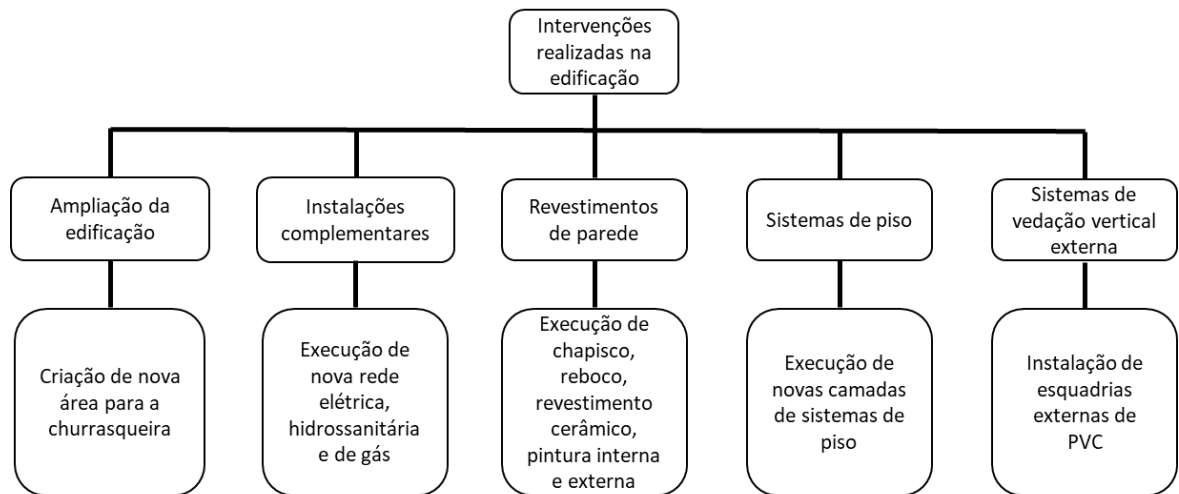
Figura 1 - Planta de implantação



(fonte: escritório de arquitetura responsável pelo projeto)

Para este imóvel foram desenvolvidos projetos executivos para a realização de uma reforma e ampliação, que tinham em seu escopo a renovação de instalações e sistemas originais da residência, além da criação de um novo ambiente social para a churrasqueira. O fluxograma da Figura 2 apresenta as principais intervenções realizadas na edificação.

Figura 2 - Intervenções realizadas durante a obra estudada



(fonte: do autor)

Para a execução, foi contratada uma empresa construtora, na modalidade de empreitada global, onde a fiscalização, administração, gestão e execução efetiva da obra eram responsabilidades da contratada. A parte contratante tratava-se de um cliente final, que adquiriu o imóvel com a intenção de habitá-lo. Sendo assim, o objetivo da realização da reforma foi a atualização da edificação como um todo, tanto em aspectos estéticos quanto de desempenho, para que a residência voltasse a ter um nível de habitabilidade satisfatório após estar inabitada por anos.

Em relação às mudanças na estrutura da edificação, destaca-se a criação de uma nova área para churrasqueira no térreo, cuja superfície superior tornou-se uma sacada para a suíte principal. A intervenção contou com a execução de uma nova estrutura de fundação, além de uma laje pré-moldada do tipo tavela e vigota, apoiada por uma estrutura de perfis metálicos soldados. A Figura 3 ilustra esta ampliação do layout da residência, apresentando registros anteriores e posteriores à obra realizada.

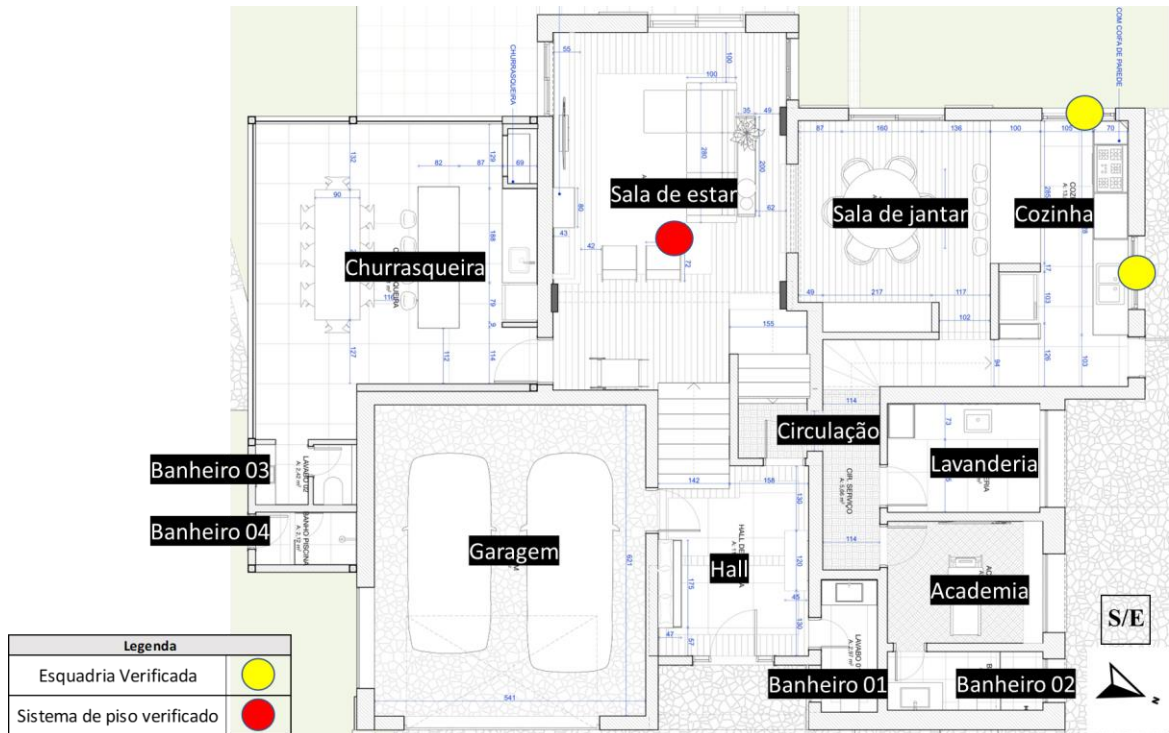
Figura 3 - Registros da edificação antes e após a realização da obra



(fonte: escritório de engenharia responsável pela obra)

Considerando seu layout após a realização da reforma, a edificação conta com áreas sociais como sala de estar e churrasqueira distribuídas no térreo, e um mezanino onde estão presentes as áreas íntimas, sendo quatro dormitórios. A Figura 4 apresenta a nova planta baixa do pavimento térreo da edificação, com destaque para as esquadrias e os sistemas de piso que foram verificados neste estudo.

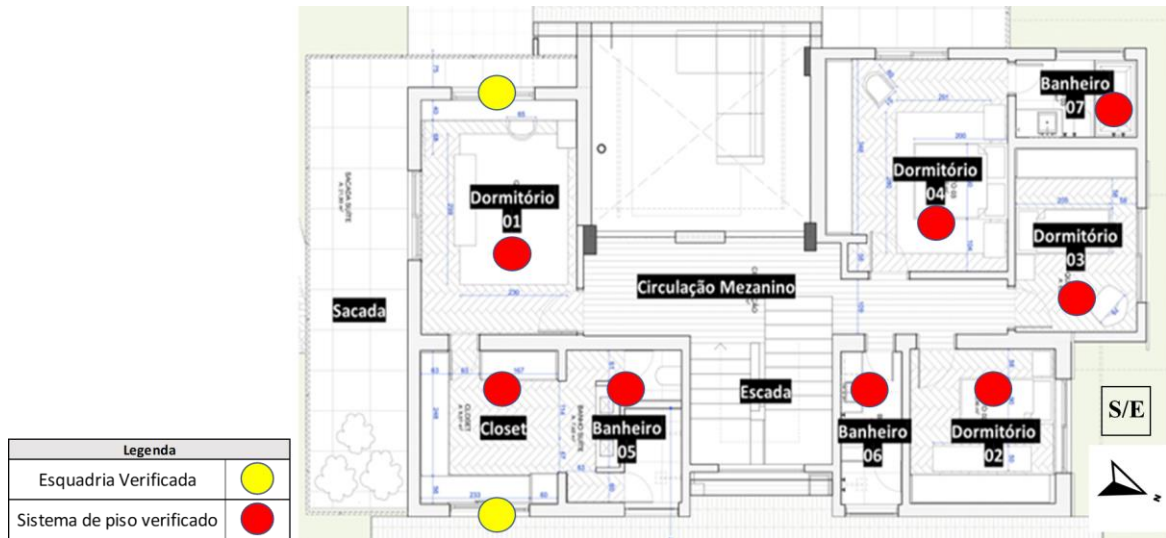
Figura 4 - Planta baixa do pavimento térreo da edificação com destaque para esquadrias e pisos verificados



(fonte: do autor, adaptado dos projetos arquitetônicos)

Já a planta baixa do mezanino é apresentada na Figura 5, também com os elementos e sistemas verificados em destaque:

Figura 5 - Planta baixa do mezanino da edificação com esquadrias e sistemas de piso verificados em destaque



(fonte: do autor, adaptado dos projetos arquitetônicos)

Um dos enfoques deste estudo são as intervenções realizadas nos sistemas de piso dos ambientes do mezanino destacados na Figura 5. O carpete que originalmente formava a camada de acabamento dos pisos dos dormitórios e do closet foi removido, enquanto os banheiros tiveram seus revestimentos de piso removidos junto com a camada subjacente de contrapiso. Após o devido descarte dos resíduos, foram executadas novas camadas de regularização, impermeabilização e de acabamento. No Quadro 1 estão representadas as alterações das camadas de acabamento dos sistemas de piso originais da edificação.

Quadro 1 - Camadas de acabamentos de sistemas de piso de ambientes verificados, antes e após a realização da obra

Ambiente	Acabamento Original	Após intervenções
Dormitório 01	Carpete	Piso vinílico
Closet	Carpete	Piso vinílico
Dormitório 02	Carpete	Piso vinílico
Dormitório 03	Carpete	Piso vinílico
Dormitório 04	Carpete	Piso vinílico
Banheiro 05	Piso cerâmico 15x30 cm	Pocelanato 83x83 cm
Banheiro 06	Piso cerâmico 15x30 cm	Pocelanato 83x83 cm
Banheiro 07	Piso cerâmico 15x30 cm	Pocelanato 83x83 cm

(fonte: elaborado pelo autor)

Outro aspecto verificado foi o sistema de vedação vertical externa, mais especificamente as janelas de PVC instaladas na residência durante a obra. Este tipo de esquadria substituiu as esquadrias originais da edificação, que eram constituídas de madeira. As janelas consideradas na verificação foram destacadas anteriormente e têm suas características apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Alterações das características das esquadrias da edificação após a realização da obra

Ambiente	Esquadria original	Após intervenções
Cozinha	Janela de correr de madeira com duas folhas e venezianas	Janela de correr de PVC com duas folhas, sem persiana
Cozinha	Janela de correr de madeira com duas folhas e venezianas	Janela de correr de PVC com duas folhas, sem persiana
Dormitório 01	Janela de correr de madeira com duas folhas e venezianas	Janela de correr de PVC com duas folhas, com persiana
Closet	Janela de correr de madeira com duas folhas e venezianas	Janela de correr de PVC com duas folhas, sem persiana

(fonte: elaborado pelo autor)

A partir dessas informações serão realizadas as análises de desempenho propostas, sendo apresentados em detalhe as especificações de projeto, os métodos executivos e os materiais empregados durante a realização da obra. Para as verificações são observados os critérios e requisitos de desempenho definidos pela Norma de Desempenho – embora ela não se aplique a reformas de edificações - uma vez que a renovação dos sistemas deve estar de acordo com os níveis de desempenho mínimo previstos pela Norma para que sejam atendidas as necessidades do usuário da edificação.

1.3. Escopo

Os sistemas considerados para as avaliações de desempenho realizadas foram os sistemas de piso e os sistemas de vedação vertical externa (SVVE) da edificação apresentada. As verificações foram embasadas em diretrizes definidas pelas NBR 15575-3 (ABNT, 2021) e NBR 15575-4 (ABNT, 2021). Outros sistemas da edificação e seus respectivos critérios e requisitos de desempenho não são alvo deste estudo.

1.4. Estrutura de Apresentação do Estudo

O presente trabalho está estruturado de forma a apresentar, inicialmente, as características dos novos sistemas criados para a edificação, incluindo os materiais utilizados, métodos executivos empregados e as premissas de projeto. Em seguida, são apresentados os requisitos de desempenho normativos dos respectivos sistemas, trazendo também os critérios e os níveis de desempenho atingidos. Por fim, são feitas considerações acerca das verificações realizadas nos dois sistemas estudados – os sistemas de piso e os sistemas de vedação vertical externa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Grande parte das obras de construção civil possui falhas no seu processo produtivo, tais como desperdício, retrabalho, refugo de materiais, falhas nos processos gerenciais e administrativos da empresa que executa a construção, muitas falhas de pós-ocupação das obras, dentre outros (COSTA, 2009).

A responsabilidade sob o nível de desempenho insatisfatório de uma habitação não é exclusiva da parte encarregada pela execução da obra. Para Shin (2016), para que o nível de desempenho esperado seja alcançado, um dos primeiros passos a serem dados e, talvez um dos mais importantes, é a realização de um projeto arquitetônico bem detalhado, uma vez que é papel dos projetistas estabelecer os materiais e sistemas que serão utilizados, e estes devem ser escolhidos de forma que os requisitos da norma de desempenho sejam respeitados.

Segundo Souza (2016), embora possa trazer inúmeras vantagens para o setor da construção como um todo, a aplicação da NBR 15575 (ABNT, 2021) pode estar enfrentando resistência para ser adotada nas empresas construtoras, pois a aplicação da norma envolve diversos desafios e mudanças em processos de produção, projetos, manutenção, fiscalização e cadeias de fornecedores.

Para Parisotto (2022), muito embora a NBR 15575 (ABNT, 2021) não se aplique diretamente a construções do tipo reforma de edificação, é necessário que se faça o embasamento das decisões de projeto e de execução por meio de referências normativas, para que se possa avaliar o cumprimento de sua função de garantir o conforto do usuário, o que é medido através dos requisitos, critérios e exigências.

Neste contexto, foi realizada a análise de uma reforma executada em uma edificação residencial unifamiliar – considerando os projetos arquitetônicos desenvolvidos, materiais utilizados e métodos executivos empregados – a fim de verificar o nível de desempenho de sistemas de piso e de vedação vertical externa implementados na habitação, com base nas diretrizes estabelecidas pela Norma de Desempenho.

A NBR 15575-3 (ABNT, 2021), define sistema de piso como sendo “um sistema horizontal ou inclinado composto por um conjunto parcial ou total de camadas destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego”, e estabelece os critérios de desempenho.

Considerando os objetivos propostos, os requisitos de desempenho de piso abordados na Parte 3 da norma de desempenho estão dispostos a seguir, sendo destacados em negrito os aspectos abordados neste trabalho:

- **estanqueidade;**
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- desempenho estrutural;
- segurança ao fogo;
- **segurança no uso e na operação;**
- durabilidade e manutenibilidade;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- **conforto tátil, visual e antropodinâmico;**
- adequação ambiental.

Para que se determine as respectivas necessidades para diferentes ambientes de uma habitação, a NBR 15575-3 (ABNT, 2021) apresenta os conceitos de “áreas molhadas”, “áreas molháveis” e “áreas secas”, sendo eles:

- área molhada – área cuja condição de uso e de exposição pode resultar na formação de lâmina d’água pelo uso normal a que o ambiente se destina (por exemplo, um banheiro com chuveiro);
- área molhável – área que recebe respingos de água decorrentes da sua condição de uso e exposição que não resulte na formação de lâmina d’água pelo uso normal a que o ambiente se destina;
- área seca – área onde, em condições normais de uso, a utilização direta de água não está prevista nem mesmo durante a operação de limpeza.

Em relação ao conforto tátil, visual e antropodinâmico, a NBR 15575-3 (ABNT, 2021) discorre que “embora o julgamento estético tenha um componente subjetivo acentuado, existem algumas características que podem ser objetivamente controladas”. Sendo assim, a norma

estabelece o requisito de homogeneidade quanto à planicidade a fim de definir limites para ondulações na camada de acabamento para que não se comprometa a estética do sistema.

Sobre estanqueidade, a norma traz requisitos específicos para áreas molhadas de edificações, entre eles a necessidade de o sistema de piso ser capaz de impedir a passagem da umidade para outros elementos construtivos da habitação. Além disso, no caso da utilização de sistemas de impermeabilização previstos na NBR 9575 (ABNT, 2010), a norma de desempenho requer que sejam atendidas as diretrizes dispostas na NBR 9574 (ABNT, 2008).

A NBR 15575-3 (ABNT, 2020) destaca que a segurança no uso e operação de sistemas de piso é um requisito muito importante, e define escorregamento como um decréscimo intenso no valor do coeficiente de atrito entre um corpo em movimento e a superfície de apoio, ocorrido de maneira bastante rápida. Sendo assim, buscando amenizar a ocorrência de acidentes, a norma define como critério a necessidade de que a camada de acabamento do sistema de piso de edificações habitacionais apresente um coeficiente de atrito dinâmico em conformidade aos valores referenciados pela NBR 13818 (ABNT, 1997).

Já a Parte 4 da NBR 15575 (ABNT, 2021) trata dos sistemas de vedações verticais internas e externas de edificações habitacionais, trazendo diretrizes sobre os aspectos listados a seguir, sendo destacados em negrito os conteúdos abordados neste estudo:

- desempenho estrutural;
- segurança contra incêndio;
- segurança no uso e na operação;
- **estanqueidade;**
- **desempenho térmico;**
- **desempenho acústico;**
- desempenho lumínico;
- durabilidade e manutenibilidade;
- saúde;
- conforto antropodinâmico;
- adequação ambiental.

Em relação à estanqueidade, a NBR 15575-4 (ABNT, 2020) estabelece que os SVVE devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na sua face interna, podendo ocorrer

pequenas manchas de umidade, com áreas limitadas. Este estudo se ateve à verificação de desempenho das esquadrias de PVC instaladas na edificação. Sobre estes elementos, a norma define que também devem ser atendidas as especificações constantes na NBR 10821 (ABNT, 2017). Sobre o desempenho acústico, a Norma de Desempenho apresenta requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre os meios externo e interno, trazendo diretrizes para ensaios de campo e laboratoriais, além de valores normativos de referência para a determinação dos níveis de desempenho de sistemas construtivos.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2020) apresenta múltiplos requisitos de desempenho térmico para os SVVE, entre eles o de aberturas para ventilação. Este requisito se aplica a salas e dormitórios (ambientes de longa permanência) e busca garantir que os ambientes apresentem aberturas externas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação mínima para conforto de seus usuários.

3. MÉTODO

Neste estudo serão apresentadas verificações de desempenho referentes a três aspectos específicos dos sistemas de piso:

- homogeneidade quanto à planicidade da camada de acabamento – requisito de conforto tátil, visual e antropodinâmico;
- estanqueidade do sistema de piso de áreas molhadas – requisito de estanqueidade;
- coeficiente de atrito da camada de acabamento – requisito de segurança no uso e operação.

O critério de avaliação para a planicidade das camadas de acabamentos dos sistemas de piso resume-se a uma avaliação realizada no local, utilizando uma régua de alumínio de 2 metros de comprimento e um instrumento de medição, onde a norma estabelece que as irregularidades graduais não podem superar 3 mm em relação à régua, em qualquer direção. Em relação à estanqueidade, através da análise de projetos, do material utilizado e do acompanhamento das etapas de execução, foi realizada uma verificação de atendimento aos requisitos normativos para as intervenções realizadas nos sistemas de piso dos banheiros da edificação destacados anteriormente na Figura 5. Para a verificação referente ao coeficiente de atrito das camadas de acabamento, foi realizada uma consulta às especificações de projeto e nas informações técnicas de fornecedores sobre os seus produtos, para que se pudesse julgar adequadas, ou não, as escolhas referentes às camadas de acabamento dos novos sistemas de piso da edificação.

Em relação aos critérios e requisitos de desempenho de sistemas de vedações verticais externas, este estudo aborda três aspectos:

- desempenho acústico;
- estanqueidade;
- desempenho térmico.

Para verificações de desempenho acústico e de estanqueidade do SVVE, foram considerados relatórios de avaliação de desempenho de esquadrias de PVC instaladas na edificação em questão. Foram utilizados dados obtidos através do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), uma vez que o fornecedor de esquadrias contratado para a obra em questão é uma empresa certificada pelo Programa, que apresenta

publicamente relatórios de ensaios normatizados de laboratório realizados em diferentes sistemas e elementos, incluindo esquadrias de PVC. Além disso, foram analisados os projetos arquitetônicos desenvolvidos pelo escritório de arquitetura e observações feitas durante o acompanhamento *in loco* das etapas executivas relacionadas.

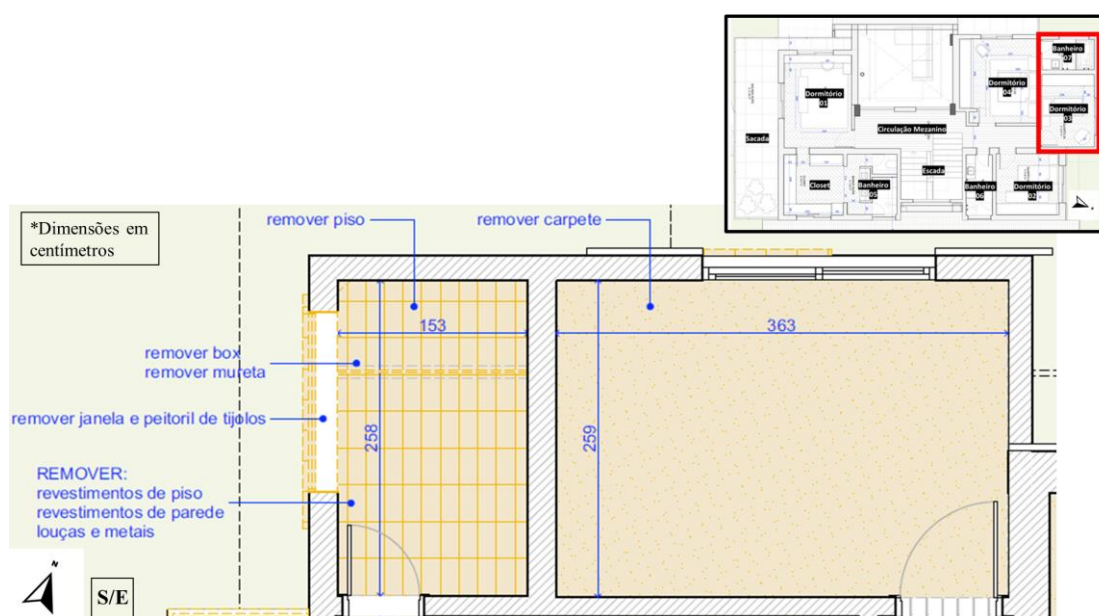
O desempenho térmico foi verificado para os ambientes de permanência prolongada da edificação (sala de estar e dormitórios) utilizando-se do cálculo de áreas mínimas de abertura para ventilação, previsto pela NBR 15575-4 (ABNT, 2021). Os dados necessários para o desenvolvimento das análises foram extraídos de projetos arquitetônicos e de medições realizadas na edificação.

4. SISTEMA DE PISO

4.1. Especificações de projeto

Realizando-se uma análise dos projetos executivos da obra, verificou-se que constavam informações referentes aos sistemas de piso em três plantas: “demolição”, “construção” e “paginação”. Conforme pode-se observar na Figura 6, a planta de demolição apresenta informações referentes aos elementos que deveriam ser removidos da edificação em seu estado original.

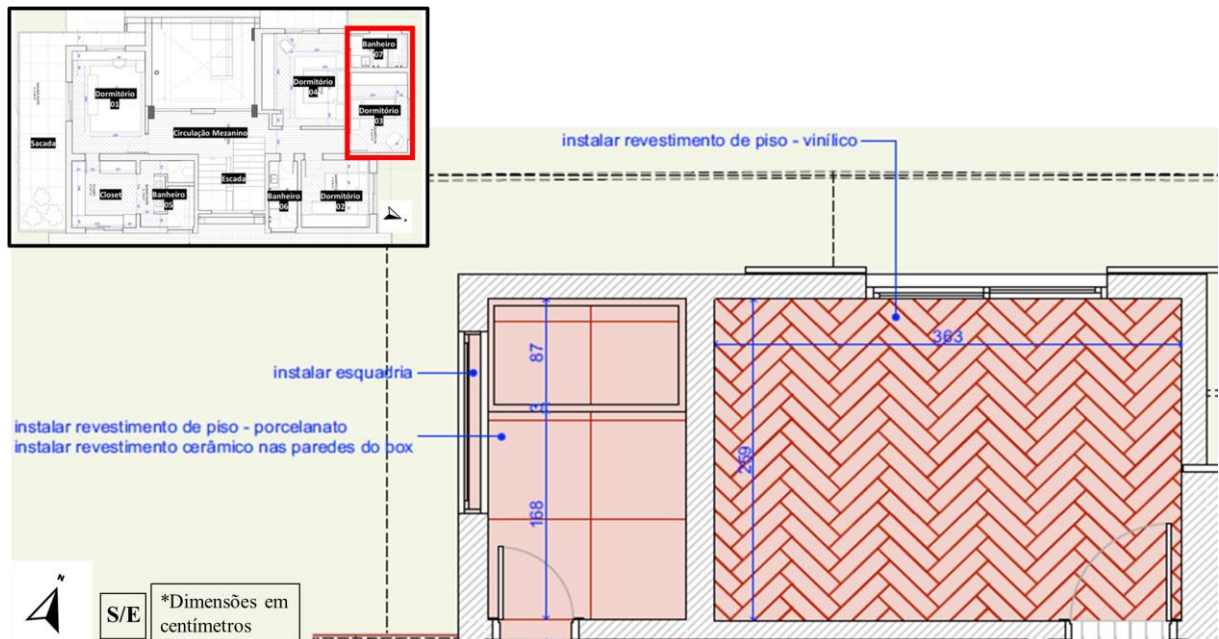
Figura 6 - Representação do projeto de demolição do Dormitório 04 e Banheiro 07 da edificação



(fonte: do autor, adaptado dos projetos arquitetônicos)

A Figura 7 mostra uma parte da planta de construção, que traz instruções sobre os novos sistemas que deveriam ser instalados ao longo da execução da obra. Tratando-se de um projeto executivo, observa-se a superficialidade das informações presentes em planta, em especial referentes ao sistema de piso, que, por ser um sistema de múltiplas camadas e especificidades, demanda um detalhamento que indique as adequadas diretrizes para sua execução, além de referências sobre o desempenho esperado para os diferentes aspectos do sistema.

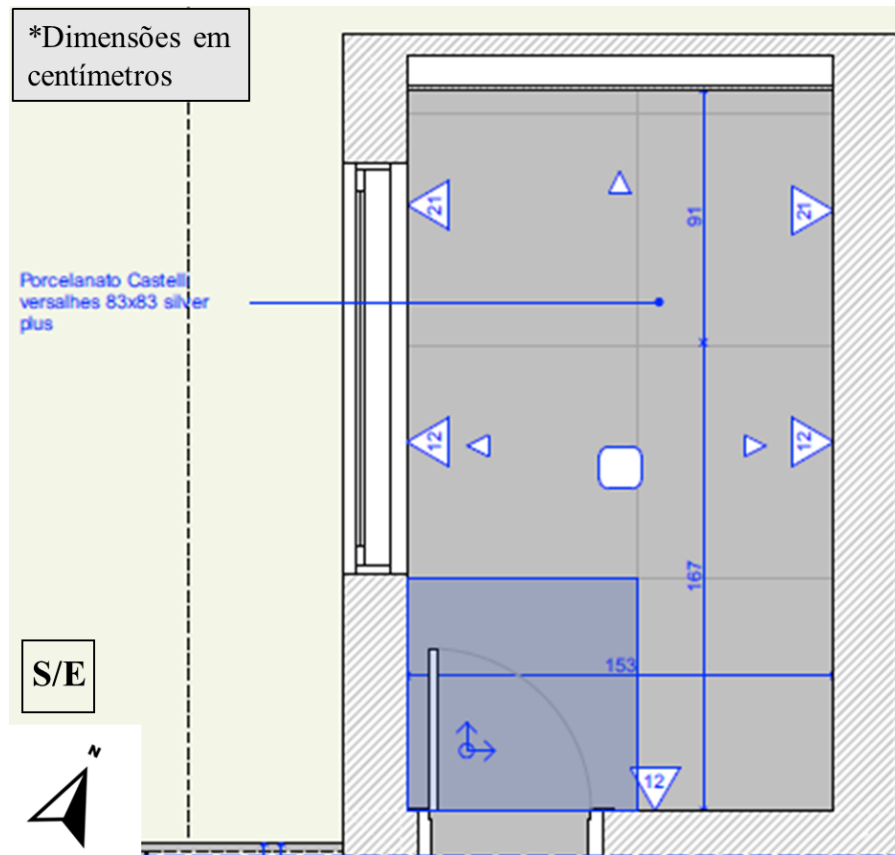
Figura 7 - Projeto de construção do Dormitório 04 e Banheiro 07 da edificação



(fonte: do autor, adaptado dos projetos arquitetônicos)

A planta de paginação de pisos (Figura 8) demonstrou ser o projeto com maior nível de detalhamento, uma vez que seu desenho traz a paginação projetada para os sistemas de piso e a legenda indica as referências de marcas e modelos dos revestimentos a serem instalados. Porém, seu conteúdo ainda é insuficiente, destaca-se, por exemplo, a ausência de indicações sobre caimentos, inclinações, localização das redes de coleta de água e detalhes das camadas dos novos pisos da edificação. Também se observa a inexistência de qualquer menção a requisitos e parâmetros de desempenho referentes a sistemas de piso.

Figura 8 - Projeto de paginação de revestimentos do Dormitório 04 e Banheiro 07 da edificação



(fonte: do autor, adaptado dos projetos arquitetônicos)

Analisando-se o conjunto de projetos executivos desenvolvidos para a reforma em questão, é possível observar que foi projetada a renovação do sistema de piso em diversas áreas molhadas da edificação. Porém, não foi constatada referência ou menção à execução de um novo sistema de impermeabilização, mesmo sabendo que a NBR 9575 (ABNT, 2010) prevê que deve ser elaborado ao menos um projeto básico de impermeabilização para obras de uso público, coletivo e privado.

4.2. Método executivo

O método executivo adotado foi o considerado padrão pela empresa construtora, uma vez que os projetos não apresentavam diretrizes para a execução das intervenções propostas. Após a remoção do carpete, nos dormitórios e no closet foi criada uma camada de regularização para o posterior recebimento da camada de acabamento. Para isto, utilizou-se argamassa autonivelante, uma argamassa autoadensável que tem como características principais a alta

fluidez e a alta resistência à segregação, o que permite que ela se nivele através da sua própria capacidade de fluxo. A espessura da camada de regularização foi executada de forma que se mantivesse um desnível de 5 mm em relação ao piso do ambiente adjacente – a circulação do mezanino – para que as camadas de acabamento ficassem niveladas, uma vez que a circulação teve seu sistema de piso preservado durante a realização da obra. A Figura 9 traz um dormitório da edificação momentos após a execução da nova camada de regularização com a utilização de argamassa autonivelante. Após o período de secagem de 24 horas, conforme recomendação do fabricante, a superfície estaria apta a receber a camada de acabamento.

Figura 9 - Registro da utilização de argamassa autonivelante em dormitório da edificação



(fonte: do autor)

Já nos banheiros foram executados contrapisos de regularização do tipo “farofa” de traço 1:4 e 5 cm de espessura, com o caimento adequado de 1,5% em direção aos ralos, conforme diretrizes da NBR 13753 (ABNT, 1996), seguidos de uma camada de impermeabilização. A Figura 10 traz um registro da execução de um dos contrapisos realizados durante a renovação dos sistemas de piso da edificação.

Figura 10 - Registro da execução de contrapiso de regularização em banheiro da edificação



(fonte: do autor)

Passado o período de secagem de 24 horas recomendado pelo fabricante da argamassa autonivelante, nos dormitórios e no closet foi realizada a instalação dos pisos vinílicos. A camada de acabamento do sistema de piso foi colada com cola específica e em estilo “espinha de peixe” como prevista nos projetos arquitetônicos. Posteriormente, foram instalados rodapés de PVC de 10 centímetros de altura e 2 centímetros de espessura com o objetivo de dar acabamento aos encontros entre piso e paredes, onde havia eventuais descontinuidades do piso vinílico. A Figura 11 traz um registro da colagem de piso.

Figura 11 - Registro da instalação de piso vinílico em dormitório da edificação



(fonte: do autor)

Já nos banheiros, 72 horas após a execução de um novo sistema de impermeabilização com a utilização de argamassa polimérica foi realizado o assentamento de peças de porcelanato com a utilização de argamassa colante AC-III, conforme diretrizes da NBR 13753 (ABNT, 1996). O rejuntamento das peças de porcelanato foi realizado com rejunte cimentício flexível. A Figura 12 traz um registro do revestimento cerâmico do piso de um banheiro da edificação executado na sua totalidade.

Figura 12 - Banheiro da edificação com o revestimento de porcelanato concluído



(fonte: do autor)

4.3. Homogeneidade quanto à planicidade da camada de acabamento

Em relação à planicidade foram verificados os ambientes que passaram por intervenções em seus sistemas de piso no mezanino da edificação, sendo eles os quartos, os banheiros e o closet, que foram destacados na Figura 4.

4.3.1. Nível de desempenho

Foi realizada a verificação *in loco* recomendada pela NBR 15575-3 (ABNT, 2020) com o auxílio de uma régua de alumínio de 2 metros de comprimento e de uma trena de medição. As medições foram realizadas em todas as direções de forma a abranger as áreas de piso como um todo. O Quadro 3 apresenta uma tabela contendo a listagem de ambientes verificados e os resultados obtidos em cada um deles em relação à homogeneidade da planicidade da camada de acabamento do sistema de piso.

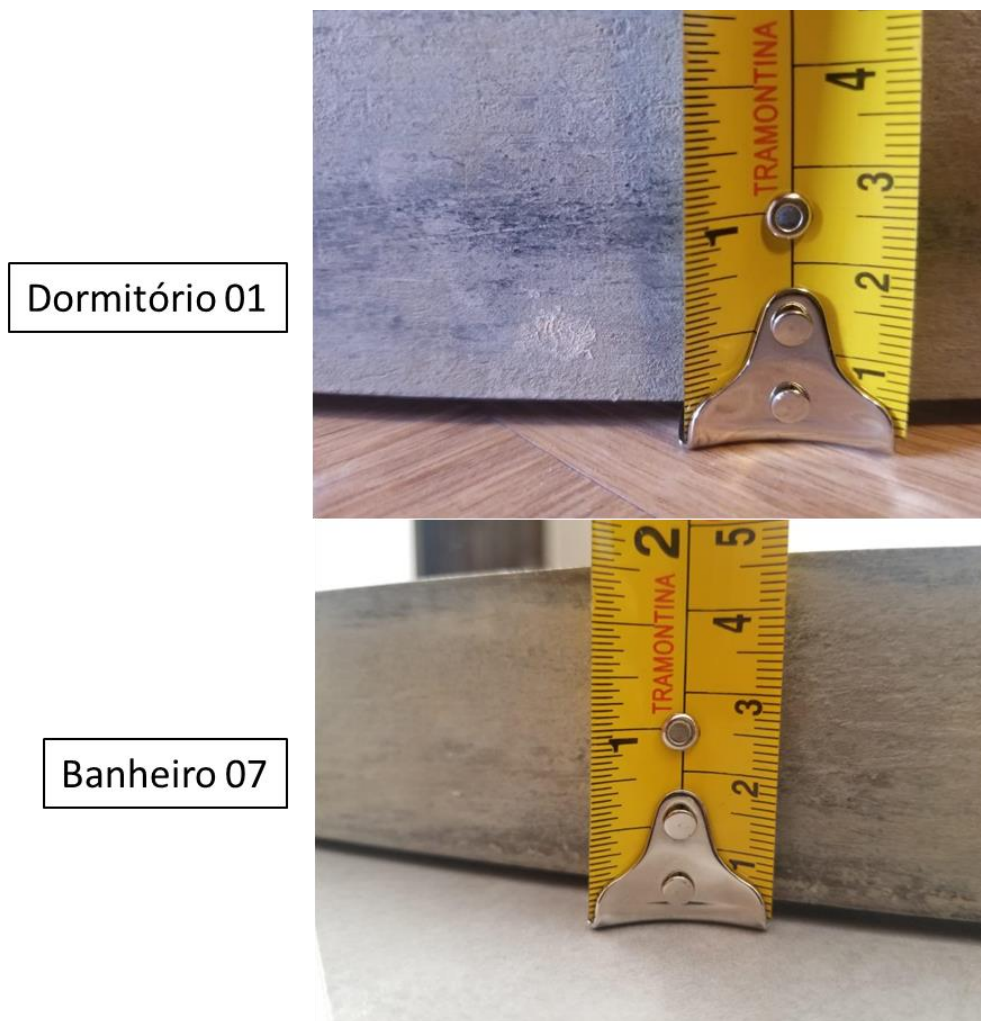
Quadro 3 - Resultados da verificação referente à planicidade dos pisos

Ambiente	Dimensões das irregularidades no piso	Atende o desempenho mínimo?
Dormitório 01	> 3 mm	Não
Dormitório 02	≤ 3 mm	Não
Dormitório 03	≤ 3 mm	Sim
Dormitório 04	≤ 3 mm	Sim
Closet	≤ 3 mm	Sim
Banheiro 05	≤ 3 mm	Sim
Banheiro 06	≤ 3 mm	Sim
Banheiro 07	> 3 mm	Não

(fonte: elaborado pelo autor)

A Figura 13 ilustra as irregularidades observadas no Dormitório 01 e no Banheiro 07. Nota-se que foi obtido um desempenho insatisfatório em ambientes de diferentes camadas de acabamentos, o que leva à conclusão de que ocorreram falhas de execução em múltiplas intervenções realizadas nos sistemas de piso da edificação.

Figura 13 - Desnível observado no Dormitório 01 e Banheiro 07 da edificação



(fonte: do autor)

A limitação de informações presentes nos projetos arquitetônicos pode ter sido um fator determinante nas inconformidades observadas, uma vez que a ausência de diretrizes adequadas de projeto acaba por incentivar a prática informal de execução, que prejudica a qualidade e o nível de desempenho do produto entregue ao usuário final.

4.4. Estanqueidade de áreas molhadas

Como já ilustrado, os projetos arquitetônicos indicam uma série de intervenções a serem executadas na edificação, mas não apresentam as orientações necessárias para que se realize uma execução adequada. Porém, mesmo com a ausência de diretrizes, a empresa construtora optou por executar um novo sistema de impermeabilização das áreas molhadas para as quais

estavam previstas renovações do sistema de piso, observando a recomendação da NBR 9574 (ABNT, 2008) que prevê que “as áreas que requeiram estanqueidade devem ser totalmente impermeabilizadas”. Assim, foram analisadas as intervenções realizadas nos banheiros presentes no mezanino da edificação, já destacados anteriormente, na Figura 5.

4.4.1. Material utilizado

Seguindo o padrão construtivo da empresa, utilizou-se argamassa polimérica como solução de impermeabilização. Esta consiste em um revestimento semiflexível impermeabilizante que, segundo o fabricante, tem entre suas características a fácil aplicação e a alta aderência em substratos cimentícios e alvenaria, além de ter sua utilização indicada para a impermeabilização de diferentes elementos, incluindo desde banheiros até piscinas e reservatórios.

Em relação aos dados do produto, o fabricante apresenta uma ficha técnica com as informações sobre a base química e a composição da solução, sendo esta composta por uma Parte A (líquido branco leitoso) e uma Parte B (pó fino), que devem ser misturadas conforme instruções do fabricante. Além disso, também são indicadas informações sobre o prazo de validade, as condições de estocagem, a densidade e a taxa de consumo do produto, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Dados técnicos da argamassa polimérica utilizada

Prazo de validade	9 meses a partir da data de produção		
Condições de estocagem	Estocar em embalagens originais e intactas, em temperaturas entre +5°C e +35°C. Protegido da luz direta do sol e do gelo.		
Densidade	Comp. A: 1,00 ± 0,01 kg/L Comp.B: ~ 1,3 Kg/cm ³		
INFORMAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO			
Consumo	Consumo pratico: 1kg/m ² por demão		
	Tipo de serviço (Pintura)	N° de Demãos	Consumo (A+B)
	Umidade ascendente em muros e paredes	2	2kg/m ²
	Impermeabilização de paredes enterradas e subsolos	3	3kg/m ²
	Impermeabilização de caixas de água e reservatórios	3 - 4	3 a 4kg/m ²
	Áreas frias	2	2kg/m ²

(fonte: fabricante da argamassa polimérica utilizada)

Quanto ao preparo do substrato, recomenda-se que a superfície de aplicação seja previamente lavada com escova de aço e água, para que sejam removidos quaisquer elementos que possam prejudicar a aderência do produto. O fabricante também indica que a superfície deve estar umedecida com água, regularizada e preferencialmente plana para a aplicação do produto.

Para o preparo do produto, o fabricante salienta que os componentes já são pré-dosados para aplicação como pintura, bastando adicionar aos poucos o componente A (líquido) ao componente B (pó). Recomenda-se uma homogeneização, preferencialmente com um misturador de baixa rotação, durante 3 minutos ou manualmente por 5 minutos, para pequenos volumes de produto.

A aplicação deve ser feita com vassoura de pelos macios, trincha, pincel ou broxa, em de 2 a 4 demãos em sentidos cruzados. A segunda demão deve ser aplicada após a primeira ter endurecido ou secado ao toque (3 a 6 horas, dependendo das condições locais de temperatura e umidade). Em regiões críticas como ralos e rodapés, é recomendado o reforço estrutural do sistema através da colocação de tela de poliéster entre a primeira e a segunda demão. Para o bom desempenho do produto, o fabricante recomenda que seja feita a cura úmida do revestimento por no mínimo 3 dias consecutivos após a aplicação da última demão e que se mantenha a área isolada por pelo menos 5 dias antes de sua liberação.

Para verificação de eventuais falhas, é recomendado na ficha técnica do produto que se realize um teste de estanqueidade durante um período mínimo de 72 horas, critério similar ao observado na NBR 15575-3 (ABNT, 2021) em relação à estanqueidade de áreas molhadas, que estabelece a necessidade da realização de um teste de lâmina d'água para a verificação do possível surgimento de pontos de umidades nas superfícies adjacentes e inferiores.

4.4.2. Método Executivo

A partir das superfícies regularizadas dos banheiros, foi realizada a preparação do substrato para o recebimento da camada de impermeabilização. Para isso, foram observadas as recomendações do fabricante e da NBR 9574 (ABNT, 2008). Assim, a equipe de obra efetuou a limpeza das superfícies, assegurando que elas estivessem limpas, homogêneas e coesas para que se atingisse o máximo desempenho e rendimento do sistema de impermeabilização executado.

Com o substrato preparado, foi realizada a mistura manual dos componentes do material impermeabilizante por cerca de 5 minutos, até que fosse formada uma solução pastosa e homogênea. A primeira demão do produto sobre as superfícies dos banheiros foi realizada com a utilização de trinchas, sendo que as áreas dos pisos foram totalmente cobertas, enquanto que nas paredes a impermeabilização foi executada até a altura de 30 centímetros, com exceção da área do box, a qual foi impermeabilizada em sua totalidade até a altura do chuveiro – 2,10 metros. Após o período de secagem de 5 horas, foi realizada uma nova mistura e aplicada a segunda demão do produto, desta vez em sentido cruzado à primeira, mas cobrindo as mesmas áreas. Nota-se que não foi utilizada a tela de poliéster ou outro tipo de reforço estrutural em ralos ou encontro de superfícies. Após o período de secagem da segunda demão do impermeabilizante, as superfícies foram consideradas prontas para receber os revestimentos cerâmicos previstos nos projetos arquitetônicos. A Figura 15 mostra um banheiro da edificação com sua etapa de impermeabilização concluída.

Figura 15 - Banheiro impermeabilizado pronto para recebimento do revestimento cerâmico



(fonte: do autor)

4.4.3. Nível de desempenho

Observou-se que não foram seguidas recomendações propostas pelo fabricante e pela norma NBR 9574 (ABNT 2008), como o fato de não ter se utilizado tela resinada em pontos críticos das superfícies, como ralos e encontros entre pisos e paredes. Além disso, não foi realizado o teste de estanqueidade por lâmina d'água nas áreas molhadas, método de avaliação definido pela NBR 15575-3 (ABNT, 2021) para que se verifique a estanqueidade de sistemas de piso de áreas molhadas.

Sendo assim, não é possível atestar se o sistema atende os requisitos mínimos de desempenho, pois ele não foi testado. Porém, após a análise realizada, atesta-se que os métodos adotados não foram ideais, tanto pela equipe de projeto quanto de execução, que resultaram em um sistema fadado a proporcionar falhas e gerar transtornos aos usuários ao longo do tempo.

4.5. Coeficiente de atrito da camada de acabamento

A NBR 15575-3 (ABNT, 2021) traz critérios e requisitos em relação à segurança no uso e na operação de sistemas de piso, entre eles está o coeficiente dinâmico da camada de acabamento. A Norma de Desempenho faz referência a NBR 13818 (ABNT, 1997), a qual foi cancelada. Porém, através de consulta à norma vigente NBR 16919 (ABNT, 2020), nota-se que não houve alterações em relação aos valores de referência para o coeficiente de atrito dinâmico de camadas de acabamento de sistemas de piso, sendo estes ainda válidos para a determinação do nível de desempenho de pisos em relação a este aspecto. Nesta verificação foram analisados os novos sistemas de piso executados em ambientes localizados no mezanino da edificação, já destacados anteriormente.

4.5.1. Nível de desempenho

A NBR 16919:2020 apresenta os valores considerados satisfatórios de coeficientes de atrito dinâmico para sistemas de piso, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Recomendações em relação ao coeficiente de atrito dinâmico de pisos


Coeficiente de atrito	Recomendação
$< 0,4$	Satisfatório para instalações normais
$\geq 0,4$	Uso onde se requer resistência ao escorregamento

(fonte: do autor, adaptado da NBR 16919:2020)

Os projetos de paginação de pisos da edificação especificam o material a ser utilizado, tendo a responsabilidade da escolha do material adequado conforme as preferências e necessidades do usuário. Através das referências presentes no projeto, foi possível obter as fichas técnicas dos produtos, onde os fabricantes fornecem diversas informações, entre elas os coeficientes de atrito dos pisos em questão.

As fichas técnicas observadas não trazem valores numéricos para os coeficientes de atrito dinâmico dos produtos, porém apresentam suas classificações em relação aos valores estipulados pela NBR 13818:1997. Não foi observada qualquer referência aos métodos utilizados para a obtenção dos resultados, se foram realizados ensaios normatizados ou alternativos. O Quadro 5 mostra recortes da ficha técnica do porcelanato e do piso vinílico instalado na execução da reforma em estudo.

Quadro 5 - Dados técnicos do porcelanato e do piso vinílico utilizado

CARACTERÍSTICAS Technical features	
Tipologia: (Typology/Tipología)	Acetinado
Acabamento (Finishing/Acabado)	Retificado
Marca: (Brand/Marca)	Castelli
Local de Uso: (Place of Use/Lugar de uso)	LD 
Variação de Tonalidade: (Tone Variation/Variación de tono)	V2
Número de Faces: (Number of Faces/Numero de caras)	Até 5 faces diferentes
Coefficiente de Atrito: (Coefficient of friction/Coefficiente de fricción)	COF 1 - satisfatório para instalações normais

Porcelanato

Empenamento após exposição ao calor (mm)	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$
Estabilidade dimensional após exposição ao calor (%)	$\leq 0,25$	$\leq 0,25$
Descoloração causada pela luz artificial (Nível)	≥ 6	≥ 6
Coefficiente de Atrito Dinâmico ³	$< 4^1$ ou $\geq 4^2$	≥ 4

¹ Satisfatório para instalações normais. ² Recomendado para uso onde se requer resistência ao escorregamento. ³ Conforme ABNT NBR 13818:1997

Piso Vinílico

(fonte: do autor, adaptado dos fabricantes de porcelanato e piso vinílico)

Observa-se que o porcelanato é classificado como satisfatório para instalações normais, enquanto o piso vinílico instalado apresenta um coeficiente de atrito dinâmico superior a 4, ou seja, é recomendado para uso onde se requer resistência ao escorregamento. Segundo a NBR 15575-3 (ABNT, 2021), “são considerados ambientes onde é requerida resistência ao escorregamento: áreas molhadas, rampas, escadas em áreas de uso comum e terraços”. Sendo assim, considerando os banheiros da edificação em que foram instalados estes sistemas de piso, conclui-se que a escolha pelo modelo de porcelanato foi inadequada, uma vez que ele não atende os requisitos mínimos de desempenho propostos pela norma, pois não apresenta uma classificação adequada para ambientes onde se requer resistência ao escorregamento e pode vir a causar transtornos e acidentes para seus usuários. Por outro lado, a escolha pelo piso vinílico

pode ser considerada adequada, uma vez que ele apresenta um coeficiente de atrito dinâmico maior do que o mínimo recomendado, proporcionando segurança no uso e operação do sistema de piso executado.

5. SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA

5.1. Esquadrias de PVC

Neste estudo foram verificadas as esquadrias de PVC do tipo janela de correr com duas folhas móveis com e sem persiana que foram instaladas na edificação estudada. Estes modelos de esquadrias foram testados em laboratório e tiveram os resultados publicados em relatório pelo PBQP-H, o que tornou possível a análise de desempenho das esquadrias, uma vez que os métodos de ensaio, normatizados pela NBR 10821-3 (ABNT, 2017), exigem uma aparelhagem e condições específicas para a realização de verificações de desempenho em laboratório e *in loco*.

Na edificação foram instaladas 04 esquadrias dos referidos modelos, sendo 03 janelas sem persiana e 01 com persiana integrada. A localização das esquadrias verificadas e suas características foram apresentadas no Quadro 2.

5.1.1. Especificações de projeto

Através de referências observadas nos projetos de “demolir” e “construir”, foi possível notar que estavam previstas intervenções em esquadrias externas originais da edificação, mesmo considerando a inexistência de um caderno ou projeto específico para esta atividade. A Figura 16 ilustra uma referência do projeto de demolição, que indica a remoção de uma esquadria original presente na residência.

Figura 16 - Detalhe do projeto de demolição



(fonte: do autor, adaptado do escritório de arquitetura responsável pelo projeto)

Já a Figura 17 mostra um recorte da mesma área na planta de “construção” onde é indicada a instalação de uma nova esquadria.

Figura 17 - Detalhe do projeto de construção



(fonte: do autor, adaptado do escritório de arquitetura responsável pelo projeto)

Considerando a escassez de informações em planta, a equipe de engenharia recorreu a uma representação 3D do layout previsto para a residência disponibilizado pelo escritório de arquitetura. A partir deste, foi possível observar e deduzir especificações acerca dos modelos de esquadrias que deveriam ser instalados. A Figura 18 ilustra a renderização fornecida pelo escritório de arquitetura.

Figura 18 - Representação 3D do projeto de reforma e ampliação da edificação

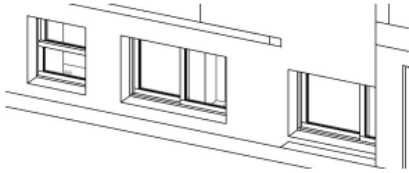


(fonte: escritório de arquitetura responsável pelo projeto)

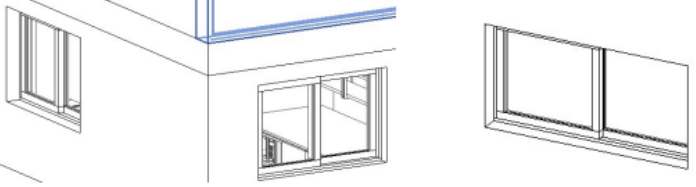
As informações coletadas e deduzidas através dos projetos de arquitetura foram agrupadas em um caderno de esquadrias, montado pelo escritório de engenharia e que é ilustrado pela Figura 19. Este caderno foi enviado a um fornecedor parceiro para que fosse realizada a formalização dos detalhamentos das novas esquadrias, além da realização de um orçamento para a fabricação e instalação dos produtos. Nota-se que este levantamento considerou apenas o aspecto visual das esquadrias, não havendo informações referentes ao nível de desempenho esperado.

Figura 19 - Caderno de esquadrias desenvolvido pela empresa responsável pela execução da obra

TIPO	CÔMODO	QUANTIDADE	LARGURA	ALTURA	ESPECIFICAÇÃO
JANELA DE CORRER	LAVANDERIA	1	1,94	1	PVC branco, vidro simples
JANELA DE CORRER	ACADEMIA	1	1,57	1	PVC branco, vidro simples
JANELA GUILHOTINA	BANHO 01	1	0,87	1	PVC branco, vidro simples



TIPO	CÔMODO	QUANTIDADE	LARGURA	ALTURA	ESPECIFICAÇÃO
JANELA DE CORRER	COZINHA	1	1,47	1,02	PVC branco, vidro simples
JANELA DE CORRER	COZINHA	1	1,44	1,02	PVC branco, vidro simples
JANELA DE CORRER	GARAGEM	1	2,02	1	PVC branco, vidro simples
PORTA COM EIXO PIVOTANTE	HALL DE ENTRADA	1	1,64	2,1	Madeira



(fonte: do autor, adaptado do escritório de engenharia responsável pela obra)

Através do fabricante, obteve-se um material de apoio para a adequada execução das intervenções relacionadas às esquadrias da edificação. A Figura 20 mostra uma página do “Guia de Preparação de Vãos” desenvolvido pelo fornecedor, onde é possível encontrar as informações referentes às etapas preliminares à instalação das esquadrias, que são fundamentais para que se atinja o nível de desempenho máximo do produto e a sua vida útil projetada.

Figura 20 - Diretrizes referentes ao preparo de vãos disponibilizadas pelo fabricante

INSTRUÇÕES PARA PREPARAÇÃO DE VÃOS:



(fonte: fabricante das esquadrias de PVC instaladas na edificação)

5.1.2. Método Executivo

Seguindo as orientações do fornecedor, a equipe de engenharia executou a preparação dos vãos para o recebimento de esquadrias. O primeiro passo foi a remoção das esquadrias originais da edificação baseado em indicações do projeto de demolição, a Figura 21 traz um registro desta etapa inicial.

Figura 21 - Registro da etapa de remoção de esquadrias



(fonte: do autor)

Em seguida foi realizado o requadro dos vãos com reboco regular em todo seu perímetro, sendo que a superfície inferior foi regularizada com um caimento de 2% em direção ao lado externo, onde posteriormente seriam instaladas pingadeiras de basalto. A Figura 22 traz um registro de um vão da edificação após ter a esquadria removida e seu requadro executado.

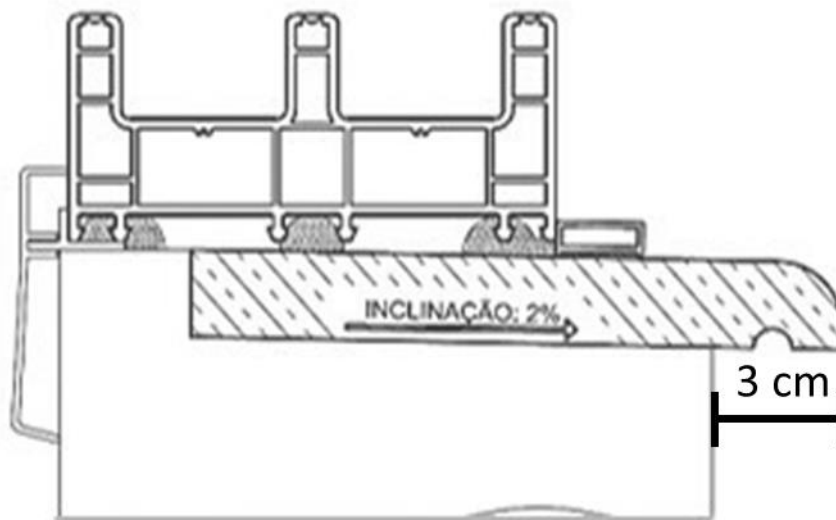
Figura 22 - Registro da etapa de requadro de vãos



(fonte: do autor)

A instalação das pingadeiras de basalto foi realizada utilizando-se de argamassa colante AC-III, respeitando o caimento de 2% recomendado pelo fabricante, como ilustrado na Figura 23. Nota-se que as pingadeiras possuíam lacrimal em sua extremidade e não avançaram lateralmente nos vãos, uma vez que a recomendação do fabricante é que elas não estejam engastadas nas paredes.

Figura 23 - Representação de pingadeira instalada com caimento adequado



(fonte: do autor, adaptado do fornecedor de esquadrias)

Cumpridas as etapas de preparação dos vãos, foi agendada a realização de vistoria e medição dos vãos junto a um representante do fabricante para que fosse dado início ao processo de fabricação das esquadrias. Neste dia, foi desenvolvido a versão final do caderno de esquadrias com as medidas definitivas que seriam repassadas à fábrica. A Figura 24 traz o trecho do caderno referente às esquadrias da cozinha da edificação, após a realização da medição dos vãos.

Figura 24 - Documento referente à medição dos vãos da obra

JC-EUR-2F-42 JANELA DE CORRER 2 FOLHAS MOVEIS - LINHA EUROPA (42) BRANCO FOLHA: DE JANELA; VIDRO: LISO INCOLOR 6MM; FECHO: CREMONA + OCULTO; ROLDANA: INOX PARA VIDRO SIMPLES; REFORCO: AÇO ZINCADO (Z275); ARREIMATE: INTERNO.GUARNIÇÃO 70MM; ACABAMENTO: EXTERNO. APLIQUE							
	Item	Tipo	Quantidade	Largura	Altura	Localização / Observação	
0 / 1	1	J4	1	1.470	1.002	COZINHA	
1 / 1				1460	995		
MEDIDAS <input type="checkbox"/> DE EXECUÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> JUSTA DE VÃO ACABAMENTO <input checked="" type="checkbox"/> FACEANDO INTERNO <input type="checkbox"/> CENTRO DE VÃO <input type="checkbox"/> OUTRO LADO MAÇANETA <input type="checkbox"/> PADRÃO ESQUERDO (V. INT.) <input checked="" type="checkbox"/> DIREITO (V. INT.)							
JC-EUR-2F-42 JANELA DE CORRER 2 FOLHAS MOVEIS - LINHA EUROPA (42) BRANCO FOLHA: DE JANELA; VIDRO: LISO INCOLOR 6MM; FECHO: CREMONA + OCULTO; ROLDANA: INOX PARA VIDRO SIMPLES; REFORCO: AÇO ZINCADO (Z275); ARREIMATE: INTERNO.GUARNIÇÃO 70MM; ACABAMENTO: EXTERNO. APLIQUE							
	Item	Tipo	Quantidade	Largura	Altura	Localização / Observação	
0 / 1	2	J5	1	1.440	1.002	COZINHA	
1 / 1				1460	995		
MEDIDAS <input type="checkbox"/> DE EXECUÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> JUSTA DE VÃO ACABAMENTO <input checked="" type="checkbox"/> FACEANDO INTERNO <input type="checkbox"/> CENTRO DE VÃO <input type="checkbox"/> OUTRO LADO MAÇANETA <input checked="" type="checkbox"/> PADRÃO ESQUERDO (V. INT.) <input type="checkbox"/> DIREITO (V. INT.)							

(fonte: fabricante das esquadrias de PVC instaladas na edificação)

Para a instalação das esquadrias de PVC, realizada pelo próprio fabricante, foi utilizada a fixação do tipo mista, na qual são utilizados elementos dos tipos mecânico e químico. Primeiramente foi aplicado silicone sobre a pingadeira onde seria instalada a esquadria, neste caso junto ao alinhamento interno dos vãos. Em seguida foi colocada a esquadria no vão, posicionando o trilho sobre o vedante aplicado previamente. Após realizado o posicionamento correto da esquadria, com seu alinhamento, prumo e nível conferidos, foi realizado o calçamento com a utilização de cunhas de madeira. É importante observar que a esquadria fique centralizada na largura do vão para que se tenham folgas em ambos os lados. A seguir foi realizada a fixação mecânica do marco utilizando buchas e parafusos que prendem a esquadria à estrutura da edificação. A fim de evitar infiltrações, a parte inferior do marco não é perfurada, sendo a fixação mecânica realizada apenas nas superfícies laterais e superior da esquadria. Com a esquadria fixada, foi aplicada espuma expansiva de poliuretano nas folgas laterais e superior entre o marco e a estrutura da edificação. A função da espuma é preencher qualquer espaço vazio que exista entre o marco e a alvenaria, preenchendo o espaço deixado pelas folgas

necessárias para a boa instalação da esquadria. Pela face externa do marco, foi realizada a vedação em todas as faces do vão utilizando-se um selante de silicone para que fossem preenchidas completamente todas as frestas ainda existentes entre a parede e o marco. A Figura 25 traz um registro do momento em que uma das esquadrias recebe o selante pelo lado externo. É possível observar também a espuma expansiva aplicada nas folgas laterais e superior, além do calçamento com cunhas de madeira.

Figura 25 - Esquadria de PVC em processo de instalação



(fonte: do autor)

A Figura 26 traz um registro do lado externo de uma esquadria fixada em seu respectivo vão, onde é possível observar seu alinhamento pela face interna da edificação, além da sua interação com a pingadeira, que apresenta o caimento já detalhado anteriormente.

Figura 26 - Interação da janela de PVC com a pingadeira de basalto observada pelo lado externo da edificação



(fonte: do autor)

Respeitado o período de secagem da espuma expansiva, foi cortado o seu excesso para que pudessem ser instaladas as guarnições das esquadrias, além de puxadores, tapa furos e demais acabamentos. Em seguida, a esquadria teve seus mecanismos testados através da realização de sucessivas manobras de abertura, para sua regulagem final, se necessário. A

Figura 27 ilustra um registro de uma esquadria da edificação com seu processo de instalação e acabamento finalizado.

Figura 27 - Esquadria de PVC completamente instalada na edificação



(fonte: do autor)

O procedimento de instalação de esquadrias externas é detalhado pela NBR 10821-5 (ABNT, 2017), que traz as diretrizes para uma adequada execução. O Quadro 6 apresenta as etapas de execução recomendadas pela norma e um checklist de verificação referente ao processo de instalação de esquadrias observado na edificação em estudo.

Quadro 6 - Checklist referente ao processo de instalação de esquadrias disposto na NBR 10821-5 (ABNT, 2017)

Método executivo recomendado pela NBR 10821-5 (ABNT, 2017)	Executado pela equipe de instalação?
Requadro do vão - certificando-se de sua total integridade e conformidade - e execução de peitoril com inclinação de no máximo 3% em relação à área externa	SIM
Posicionamento e fixação mecânica do marco, certificando-se de seu devido nivelamento e prumo, além da posterior vedação do sistema parafuso-perfil com tampa específica	SIM
Instalação das folhas da esquadria e realização de testes de abertura e fechamento	SIM
Realização da vedação química através da aplicação de espuma expansiva em todo perímetro da esquadria a fim de preencher todos os vazios existentes	SIM
Após devida cura, realização de corte do excesso de espuma e aplicação de selante em todo perímetro interno e externo da esquadria	SIM
Instalação de guarnições, acessórios e acabamentos	SIM
Realização da pintura da esquadria, caso não seja pintada em fábrica	SIM

(fonte: do autor)

5.1.3. Desempenho acústico de esquadrias de PVC

O ensaio de isolamento sonora previsto na norma NBR 10821-4 (ABNT, 2017) fornece o índice de redução sonora ponderado da esquadria como elemento isolado, fazendo com que o resultado obtido neste ensaio não possa ser comparado diretamente com os valores de referência indicados na NBR 15575-4 (ABNT, 2020), pois estes são relativos à fachada como um sistema. Para a avaliação de um conjunto de elementos, deve-se obter o valor de cada respectivo índice de redução sonora ponderado para que se possa chegar ao isolamento global do conjunto ou realizar medições de campo.

No caso deste estudo, foi considerado apenas o desempenho referente à esquadria instalada, uma vez que não foram realizados ensaios na fachada da edificação. É importante destacar que o fabricante faz parte do PBQP-H, o qual realizou os ensaios laboratoriais para a avaliação de desempenho de esquadrias, segundo metodologias descritas pela NBR 10821 (ABNT, 2017). O Quadro 7 apresenta os resultados obtidos para o índice de redução sonora

ponderado (R_w) das janelas de correr com duas folhas móveis e seus respectivos níveis de desempenho conforme valores de referência presentes na NBR 10821-4 (ABNT, 2020).

Quadro 7 - Valores dos índices de redução sonora ponderados das esquadrias testadas, com seu respectivo nível de desempenho

Desempenho Acústico	Vidro	Posição da Persiana	Resultado R_w	Nível Conforme ABNT NBR 10821-4
	Desempenho Acústico	Simples 4 mm	Recolhida (aberta) ou sem persiana	27 dB
Acionada (fechada)			32 dB	$R_w \geq 30$ A
Laminado 4 mm + 4 mm		Recolhida (aberta) ou sem persiana	30 dB	$R_w \geq 30$ A
		Acionada (fechada)	34 dB	$R_w \geq 30$ A

(fonte: do autor, adaptado de Governo Federal)

Nota-se que as esquadrias apresentam um desempenho satisfatório quando verificadas de forma independente, o que justifica a escolha pelos produtos em questão, pois o primeiro passo para se ter um sistema efetivo é possuir elementos de desempenho correspondente. Porém, tão importante quanto a qualidade dos diferentes elementos é a forma com que eles interagem entre si, por isso o processo de instalação das esquadrias é de extrema importância. Neste caso, a execução foi realizada pela própria empresa fabricante e acompanhada por um responsável da equipe de engenharia, para que se garantisse a eficácia máxima para o sistema. Sendo assim, atesta-se que as esquadrias apresentam um nível de desempenho adequado e que a instalação se deu conforme recomendações normativas e do fabricante. Porém, não é possível validar o nível de desempenho do SVVE, uma vez que o sistema janela-parede não foi verificado através dos ensaios laboratoriais e de campo estabelecidos pela NBR 15575-4 (ABNT, 2020).

5.1.4. Estanqueidade de esquadrias de PVC

Em relação à estanqueidade à água, a NBR 15575-4 (ABNT, 2020) traz como requisito a necessidade de as esquadrias atenderem às diretrizes propostas pela NBR 10821-2 (ABNT, 2017), que estão dispostas na Tabela 2 da norma conforme apresentado na Figura 28. Nota-se que os níveis de desempenho têm relação direta com a permeabilidade inicial (PI) e com a presença de água no perfil inferior do marco da esquadria, sendo que o nível de desempenho superior exige a não ocorrência de ambos.

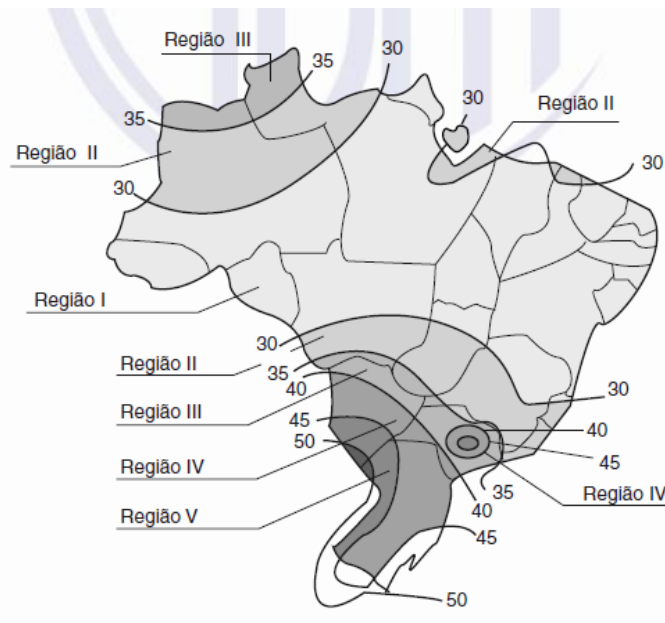
Figura 28 - Tabela 2 da NBR 10821-2

Ensaio	Desempenho		
	Mínimo (M)	Intermediário (I)	Superior (S)
Permeabilidade ao ar	Ver Figura B.1 ^a Vazão por área 62,45 m ³ /h × m ² a 163,52 m ³ /h × m ² Vazão por comprimento 15,61 m ³ /h × m a 40,88 m ³ /h × m	Ver Figura B.1 Vazão por área 6,66 m ³ /h × m ² a 62,44 m ³ /h × m ² Vazão por comprimento 1,66 m ³ /h × m a 15,60 m ³ /h × m	Ver Figura B.1 Vazão por área < 6,65 m ³ /h × m ² Vazão por comprimento < 1,65 m ³ /h × m
Estanqueidade à água	É permitido PI, conforme 3.7 da ABNT NBR 10821-3:2017, Figura 1. É permitida a presença de água no perfil inferior do marco ou água originada do PI, desde que ocorra escoamento após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco.	Não é permitido PI, conforme 3.7 da ABNT NBR 10821-3:2017, Figura 1. É permitida a presença de água no perfil inferior do marco, desde que ocorra escoamento, após o término da aplicação da vazão de água com pressão. Não é permitido que a água ultrapasse o plano interno do marco.	Não é permitido PI, conforme ABNT NBR 10821-3:2017, 3.7 e Figura 1. Não é permitida a presença de água na face interna da esquadria.

(fonte: do autor, adaptado de ABNT)

A região de localização da edificação e a altura do pavimento de instalação determinam as condições de utilização das esquadrias, pois estes fatores têm influência direta na velocidade do vento, conforme a NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações (ABNT, 1988). A NBR 10821-2 (ABNT, 2017) apresenta as regiões utilizadas para a classificação em função das velocidades básicas de vento, como mostra a Figura 29, que foram definidas segundo índices pluviométricos, características das chuvas, umidade relativa do ar, direção predominante dos ventos e pressão do vento. Sabendo que a edificação em estudo está localizada em Porto Alegre/RS, nota-se que ela se encontra na Região V em relação à velocidade básica do vento.

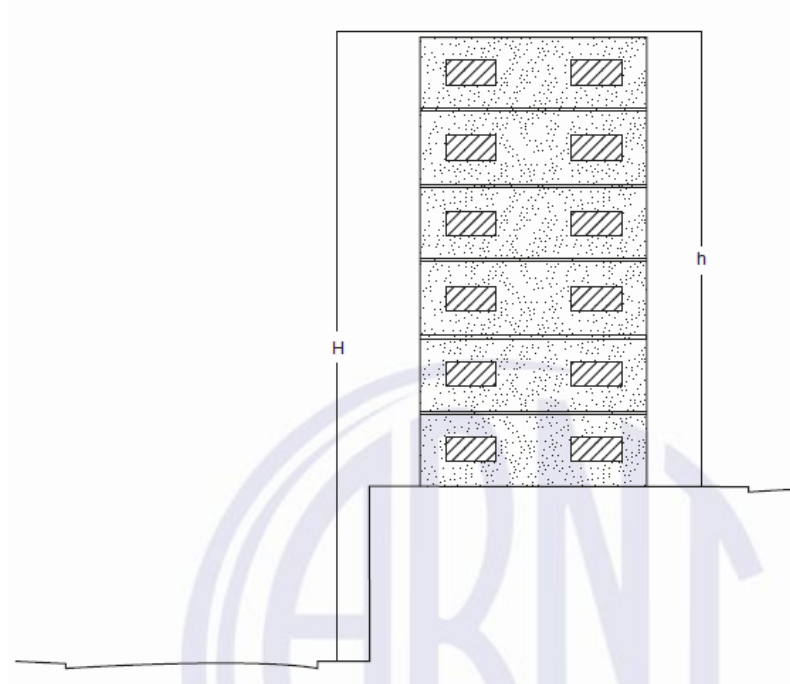
Figura 29 - Zoneamento bioclimático brasileiro, adaptado da NBR 15220



(fonte: ABNT, 2005)

Além disso, a altura da edificação em relação ao solo deve ser considerada, para efeito de cálculo, para a determinação das pressões de ensaio de estanqueidade à água. Quando houver edifícios com desnível, deve ser considerada a diferença de cota em relação ao ponto mais baixo do terreno e ao topo do pavimento mais alto da edificação, como parâmetro de cálculo, conforme Figura 30 retirada da norma NBR 10821-2 (ABNT, 2017).

Figura 30 - Altura a ser considerada na verificação de desempenho, adaptado da NBR 10821-2



(fonte: ABNT, 2017)

Por se encontrar em um terreno em desnível, a edificação estudada apresenta uma altura resultante acima de 6 metros, logo nesta verificação de desempenho será considerada a pressão de água de 200 Pascals, conforme Tabela 1 da NBR 10821-2 (ABNT, 2017) que está representado no Quadro 8.

Quadro 8 - Valores de pressão de vento conforme características da edificação e região do país, adaptado da NBR 10821-2

Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_p \times 0,20$
02	6 m	I	350	520	60
		II	470	700	80
		III	610	920	100
		IV	770	1 160	130
		V	950	1 430	160
05	15 m	I	420	640	70
		II	580	860	100
		III	750	1 130	130
		IV	950	1 430	160
		V	1 180	1 760	200

(fonte: ABNT, 2017)

Considerando estes fatores, podemos analisar os resultados obtidos pelos ensaios do PBQP-H que, para uma pressão de água de 200 Pascals, apresenta um desempenho intermediário para as esquadrias verificadas, conforme trazido pelo Quadro 9.

Quadro 9 - Resultados dos ensaios e níveis de desempenho obtidos, adaptado do PBQP-H

	Permeabilidade ao Ar	Estanqueidade à Água
Sem Persiana	$Q_{av} = 5,88 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ $Q_{ja} = 1,88 \text{ m}^3/(\text{h.m})$ Nível de Desempenho Intermediário	Nível de Desempenho Superior Até 100 Pa Nível de Desempenho Intermediário Até 210 Pa Nível de Desempenho Mínimo Até 300 Pa
Com Persiana	$Q_{av} = 0,40 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ $Q_{ja} = 0,14 \text{ m}^3/(\text{h.m})$ Nível de Desempenho Superior	Nível de Desempenho Superior Até 80 Pa Nível de Desempenho Intermediário Até 500 Pa

(fonte: Governo Federal, 2022)

5.1.5. Desempenho térmico do SVVE

Dentre os requisitos trazidos pela NBR 15575-4 (ABNT, 2020) em relação ao conforto térmico de habitações, está o requisito referente às aberturas para ventilação, que indica a necessidade de que as edificações apresentem aberturas em fachadas com dimensões adequadas, de modo a proporcionar a ventilação interna dos ambientes de longa permanência, como salas e dormitórios.

A avaliação é feita através da análise das áreas de piso dos ambientes de longa permanência e das áreas efetivas de abertura das esquadrias, a fim de verificar o atendimento ao critério denominado percentual de abertura para ventilação ($P_{V,APP}$) em esquadrias. A NBR 15575-4 (ABNT, 2020) descreve o método de cálculo, que utiliza a seguinte equação:

$$P_{V,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{v,APP})}{(A_{p,APP})} \quad (\text{Equação 1})$$

onde

$P_{V,APP}$ é o percentual de abertura para ventilação do ambiente, expresso em porcentagem

$A_{v,APP}$ é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, em metros quadrados

$A_{p,APP}$ é a área de piso do ambiente, em metros quadrados.

Para a definição da área efetiva de abertura para ventilação do ambiente, considera-se as aberturas que permitem a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas dos perfis, dos vidros e demais elementos. Por exemplo, dada uma janela de duas folhas móveis, deve ser considerada a área de ventilação efetiva de uma folha totalmente aberta, ou seja, a maior abertura possível, como ilustra a Figura 31. As medições das áreas efetivas foram realizadas in loco.

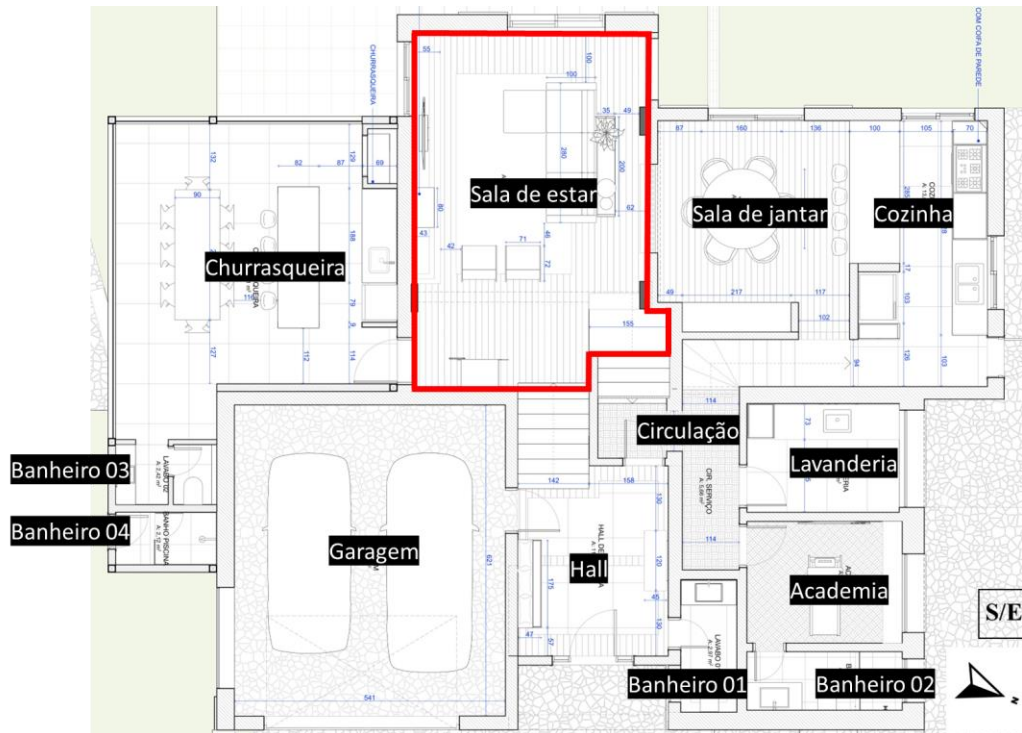
Figura 31 - Janela de duas folhas móveis em estado de abertura máxima



(fonte: do autor)

Assim, foram verificados os percentuais de abertura para ventilação da sala de estar e dos dormitórios da edificação. A sala é o único ambiente de permanência prolongada (APP) do pavimento térreo, e tem sua área destacada na planta baixa da Figura 32.

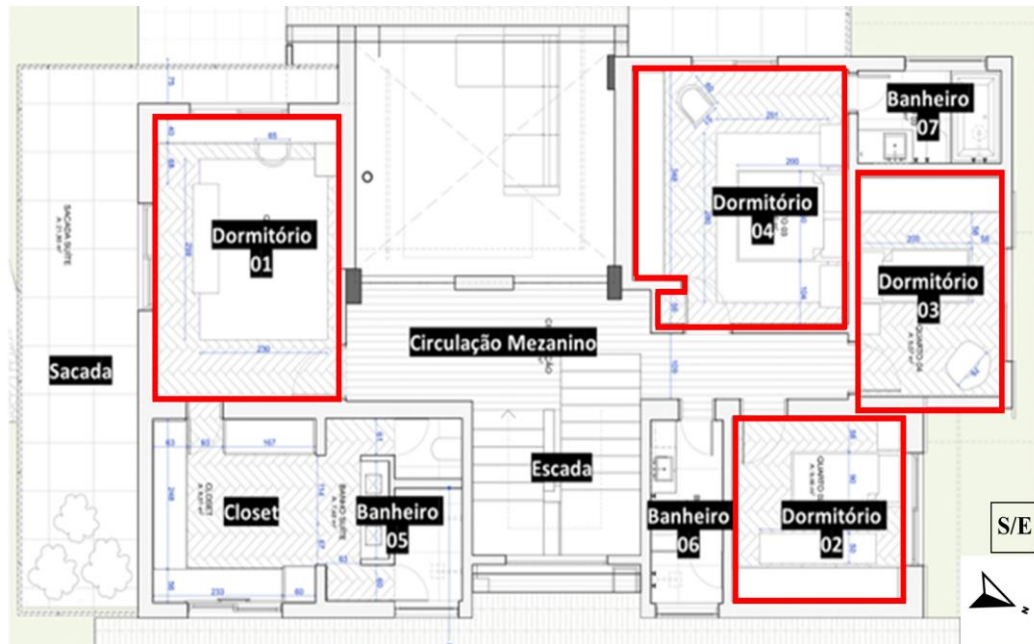
Figura 32 - Área de piso do pavimento térreo considerada para verificação de desempenho térmico



(fonte: do autor, adaptado do escritório de arquitetura responsável pelo projeto)

Já no segundo pavimento foram verificados os quatro dormitórios existentes, que têm suas áreas destacadas na Figura 33.

Figura 33 - Área de piso do segundo pavimento considerada para verificação de desempenho térmico



(fonte: do autor, adaptado do escritório de arquitetura responsável pelo projeto)

A NBR 15575-4 indica as áreas mínimas de ventilação em ambientes de permanência prolongada para que se considere um desempenho térmico de nível mínimo, como mostra o Quadro 10.

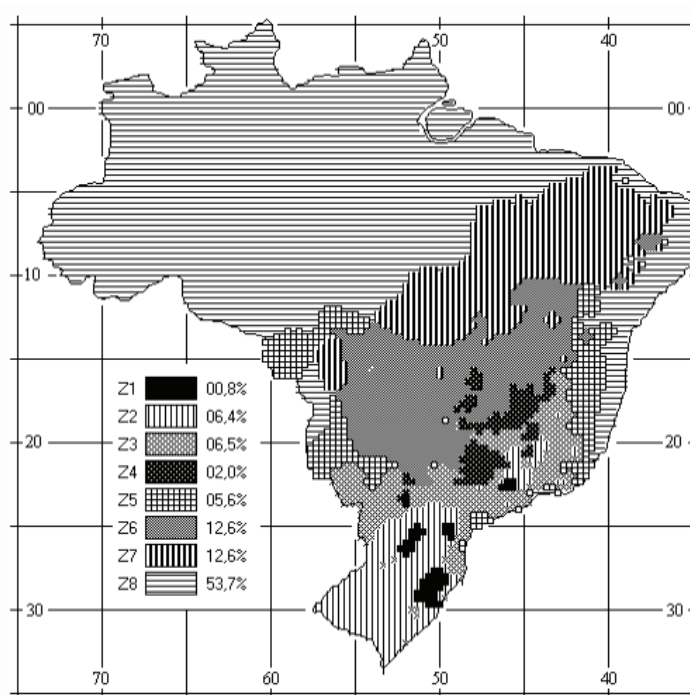
Quadro 10 - Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso – região norte do Brasil $A \geq 8\%$ da área de piso – região nordeste e sudeste do Brasil
NOTA Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

(fonte: ABNT, 2020)

Nota-se que, por estar localizada na cidade de Porto Alegre/RS, a residência estudada encontra-se na região bioclimática Z3 conforme a ABNT NBR 15220-3:2005 (Figura 34), fato que deve ser considerado na avaliação de desempenho uma vez que os valores de referência variam conforme as diferentes regiões. Sendo assim, para que se tenha um desempenho mínimo na edificação estudada é necessário que se tenha um percentual de abertura para ventilação de pelo menos 7% da área de piso nas áreas de permanência prolongada.

Figura 34 - Zoneamento bioclimático brasileiro



(fonte: ABNT, 2005)

A partir das áreas de piso e de abertura efetiva das esquadrias, foram calculados os percentuais de abertura para ventilação dos dormitórios e verificado seu atendimento aos requisitos estabelecidos pela NBR 15575-4 (ABNT, 2020), conforme resultados apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Verificação dos percentuais de abertura para ventilação para os APP da edificação

Ambiente	Área de Efetiva de Abertura para Ventilação ($A_{V,APP}$)	Área de Piso do APP ($A_{P,APP}$)	Percentual de Abertura para Ventilação ($P_{V,APP}$)	Atende o Desempenho Mínimo?
Sala de estar	3,51 m ²	33,27 m ²	10,55%	Sim
Dormitório 01	2,34 m ²	15,38 m ²	15,21%	Sim
Dormitório 02	1,03 m ²	9,46 m ²	10,89%	Sim
Dormitório 03	1,01 m ²	9,37 m ²	10,78%	Sim
Dormitório 04	1,75 m ²	15,90 m ²	11,01%	Sim

(fonte: do autor)

Dessa forma, pode-se concluir que as intervenções referentes ao SVVE foram adequadas do ponto de vista do requisito de aberturas para ventilação da edificação, uma vez que se verificou que todos os ambientes de permanência prolongada possuem um adequado percentual de abertura para ventilação, garantindo o desempenho mínimo exigido pela NBR 15575 (ABNT, 2021).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de projetos mais específicos e detalhados em conjunto com práticas de execução inadequadas tiveram um impacto negativo no atendimento aos critérios de desempenho. Logo, nota-se que a equipe projetista assim como a equipe de execução têm responsabilidade sobre o desempenho insatisfatório de sistemas da edificação. Embora não se aplique a reformas de edificações, a NBR 15575 (ABNT, 2021) é uma referência no que se diz respeito a desempenho de elementos e sistemas, havendo a necessidade de que seus critérios e requisitos sejam considerados em decisões de projeto e de execução, para que se atinja um desempenho mínimo para o usuário final.

Em relação às verificações de desempenho realizadas, é possível destacar as seguintes observações:

- Sistema de piso – requisito de planicidade: o desempenho mínimo não foi atingido em 37,5% dos ambientes verificados. Foi observada a ausência de diretrizes para a execução das camadas do sistema de piso nos projetos arquitetônicos, o que levou a práticas baseadas em conhecimentos empíricos que acabaram por prejudicar o desempenho final de diferentes sistemas de piso da edificação.
- Sistema de piso – requisito de estanqueidade: não foi possível atestar o atendimento ao desempenho mínimo previsto pela NBR 15575-3 (ABNT, 2021), uma vez que não foi realizado o teste de lâmina d'água. Porém, a observação do método executivo permite inferir que o sistema tende a apresentar manifestações patológicas, pois foram ignoradas importantes recomendações da norma e do fabricante da argamassa polimérica, como por exemplo a utilização de tela de reforço estrutural em ralos e encontros de superfícies. É importante salientar também que não foi desenvolvido um projeto de impermeabilização pela equipe projetista e não foi observada qualquer menção a sistemas de impermeabilização nas plantas verificadas.
- Sistema de piso – requisito de coeficiente de atrito dinâmico: o desempenho mínimo não foi atingido em áreas molhadas verificadas, o que é um aspecto grave, uma vez que pode gerar escorregamentos e acidentes aos usuários da edificação. Os projetos não apresentam referências ao desempenho, mas especificam as camadas de acabamento a serem executadas, que neste caso é inadequada conforme os requisitos da NBR 15575-3 (ABNT, 2021).

- SVVE – desempenho acústico e estanqueidade de esquadrias de PVC: as esquadrias, quando avaliadas de forma isolada, atingem o desempenho mínimo esperado. Porém, não é possível atestar o nível de desempenho do sistema janela-parede, uma vez que este não foi verificado. Contudo, observando o método executivo empregado, é possível concluir-se que o sistema tende a apresentar um desempenho satisfatório, pois foram observadas práticas recomendadas pelos fabricantes e pela NBR 10821 (ABNT, 2017).
- SVVE – requisito de aberturas para ventilação: o desempenho mínimo foi atingido em todos os ambientes verificados.

Por fim, salienta-se a importância do atendimento aos requisitos mínimos de desempenho dos sistemas construtivos, destacando-se os aspectos delineados neste trabalho, uma vez que a sua não observância pode acarretar severas consequências aos usuários, tais como:

- ocorrência de escorregamentos e acidentes domésticos;
- desconforto, irritabilidade e problemas de saúde relacionados à ventilação insuficiente e ao excesso de ruídos em ambientes;
- transtornos e danos materiais referentes a infiltrações e vazamentos de água;
- prejuízo à estética da edificação.

7. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13753 Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com a utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3 Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9574 Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575 Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821-2 Esquadrias para edificações – Parte 2: Esquadrias externas – Requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821-3 Esquadrias para edificações – Parte 3: Esquadrias externas e internas – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821-4 Esquadrias para edificações – Parte 4: Esquadrias externas – Requisitos adicionais de desempenho. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10821-5 Esquadrias para edificações – Parte 5: Esquadrias externas – Instalação e manutenção. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16280 Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818 Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123 Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16919 Placas cerâmicas – determinação do coeficiente de atrito. Rio de Janeiro, 2020.

BERNDT SHIN, Herbert. Os Desafios da Norma de Desempenho no Mercado da Construção Civil. *Gestão e Gerenciamento*, [S.l.], v. 1, n. 4, jan. 2019. ISSN 2447-1291. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/195>. Acesso em: 05 out. 2022.

CASTELLI PORCELANATO. Ficha Técnica de Produto – Versalhes Silver Plus. Disponível em: <https://castelliporcelanato.com.br/produto/versalhes-silver-plus-410>. Acesso em: 26 set. 2022.

COSTA, Matheus Kim Souto da. Qualidade na construção civil: os impactos do programa brasileiro de qualidade e produtividade do habitat, no desempenho das construtoras do DF. Brasília, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração, Curso Bacharelado em Administração, Universidade de Brasília. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/1163>. Acesso em 02 out. 2022.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. ESTUDO COMPROVA IMPACTO DA INFORMALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NORTEIA AÇÕES DA CBIC PARA REDUZIR SUA INCIDÊNCIA. Agência CBIC, 02 jun. 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/estudo-comprova-impacto-da-informalidade-na-construcao-civil-e-norteia-acoes-da-cbic-para-reduzir-sua-incidencia/>. Acesso em: 26 set. 2022.

CUPERTINO, Daniel; BRANDSTETTER, Maria Carolina Gomes de Oliveira. Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 243-265, out./dez.2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400049>. Acesso em: 02 out. 2022.

DURAFLOOR. Certificado de Qualidade – Linha Urban. Disponível em: <https://www.durafloor.com.br/downloads/>. Acesso em: 26 set. 2022.

MORAES, Virgínia Tambasco Freire; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. O desenvolvimento da metodologia e os processos de um “retrofit” arquitetônico. Sistemas & Gestão, Niterói, v. 7, n. 3, pp. 448-461, 2012. Disponível em: https://web.archive.org/web/20190820024334id_/http://www.revistasg.uff.br:80/index.php/sg/article/viewFile/V7N3A13/V7N3A13. Acesso em: 02 out. 2022.

PBQP-H - PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT. Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas e Serviços de Obra (SiMAC) – Programas Setoriais de Qualidade – Esquadrias de PVC. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/psq/esquadrias-de-pvc/>. Acesso em: 26 set. 2022.

SIKA BRASIL. Ficha Técnica de Produto - SikaTop®-100. Disponível em: <https://bra.sika.com/pt/construcao/impermeabilizacao/areas-umidas/categoria/argamassas-polimericas/sikatop-100.html>. Acesso em: 26 set. 2022.

SOUZA, J. L. P. Desafios na implantação do nível superior da norma de desempenho em edificação residencial em Novo Hamburgo/RS. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2016. <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/5993>. Acesso em: 02 out. 2022.

PARISOTTO, V. M. Verificação dos sistemas de vedação vertical externa e de piso em retrofit de edificação sob a ótica da NBR 15575. 2022. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/245917>. Acesso em 02 out. 2022.