CURSO DE ENGENHERIA CIVIL

Luísa Damé Leites

REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADAS COM PORCELANATO ADERIDO, COM ÊNFASE NA PATOLOGIA EFLORESCÊNCIA

Santa Cruz do Sul

2020

Luísa Damé Leites

REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADAS COM PORCELANATO ADERIDO, COM ÊNFASE NA PATOLOGIA EFLORESCÊNCIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ms. Marcus Daniel Friederich dos Santos.

Santa Cruz do Sul

2020

AGRADECIMENTO

Primeiramente quero agradecer a Deus, por ter me dado força e por ter me proporcionado a oportunidade de cursar Engenharia Civil.

Agradeço também àqueles que sempre estiveram do meu lado, minha mãe Vera Lúcia Damé, que sempre me deu carinho, incentivo e amor; ao meu pai Cyro Arena Leites, que mesmo não estando presente fisicamente, estava comigo espiritualmente, me mandando força e vibrações positivas; a meu irmão Amilcar Damé Leites que me ajudou incansavelmente, tanto no âmbito financeiro, quanto afetivamente, sempre com sua paciência inigualável. Vocês foram e sempre serão meu porto seguro.

Agradeço ao meu namorado, Cleber Renato Leal, que sempre estava disposto a ajudar, a ouvir minhas reclamações e a me auxiliar no que eu precisasse. Entendendo sempre as horas e momentos distantes.

Agradeço ao meu professor orientador, Marcus Daniel Friederich dos Santos, por a transmissão de conhecimento, disposição de ajudar, aconselhar e contribuir com críticas construtivas, que colaboraram para a melhora deste trabalho. Sem o auxílio do mesmo esta pesquisa não teria existido.

Agradeço aos laboratoristas Lidiane Kist, Henrique Eichner e Rafael Henn, pelo auxílio e ajuda na execução dos ensaios, e também ao representante comercial, Carlos, da empresa Fida, que auxiliou, doando alguns materiais de argamassa de reboco, contribuindo na parte experimental deste trabalho.

Por último, mas não menos importante, agradeço também a minhas amigas e futuras colegas de profissão Andressa Abich, Ângela Raffler, Francine Altevogt, Júlia Weber, Larissa Almeida, Lilyana Dalbosco e Milka Ricalde, pelas conversas, amizade e ajuda.

Sou imensamente grata a todas as pessoas citadas e a todas outras que aqui não citei, mas que estiveram presente nessa caminha, dando carinho e amparo para que tudo isso se tornasse existente.

RESUMO

A opção do revestimento porcelanato aderido em fachada vem em ascensão, permitindo um acabamento mais requintado com variados layouts e composição de cores. Contudo, por ser um sistema construtivo relativamente novo, não possui regulamentação técnica, o que prejudica no seu método de execução, trazendo variadas técnicas, que proporcionam sua má funcionalidade e diversas manifestações patológicas, principalmente a eflorescência. Com isso, este trabalho teve por função analisar os variados tipos de execução do revestimento, propondo um método mais adequado e que prevenisse a referida manifestação patológica. Visto isto, foram realizadas visitas em obras da região que empregaram esse sistema construtivo e, fez-se ensaios experimentais em protótipos de paredes utilizando o revestimento porcelanato e também nos materiais que compuseram os mesmos. Por meio destes estudos e análises, foi possível constatar que a forma de execução mais adequada para fachadas com revestimento porcelanato aderido, é composta por porcelanato do tipo *bold,* com transpasse entre placas de 20% do comprimento da mesma e junta de assentamento com espessura mínima de 3mm, utilizando sempre materiais com menos porosidade, que diminuem a percolação e infiltração de fluídos. Além disso, conclui-se que é de extrema importância saber como se comportam os materiais aplicados no sistema de fachadas e existir um planejamento, projeto, dessa parte da construção.

Palavras-chave: Porcelanato. Eflorescência. Manifestação Patológica. Fachada com revestimento aderido.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas de revestimentos argamassados 18
Figura 2 - Camadas de revestimentos não argamassados 18
Figura 3 - Camadas constituintes de um sistema de pintura 20
Figura 4 - Modelo das camadas do sistema de revestimento cerâmico 21
Figura 5 - Materiais indicados, por uma dada empresas, para revestimento aderido em fachadas 23
Figura 6 - Camadas de um sistema de revestimento cerâmico 25
Figura 7 – Processo de fabricação do grês porcelanato 36
Figura 8 - Representação dos diferentes tipos de juntas 38
Figura 9 - Patologia desplacamento de placas cerâmicas 46
Figura 10 - Patologia deterioração de junta de assentamento 50
Figura 11 - Patologia eflorescência 52
Figura 12 - Tipos de umidades e seus locais de propagação 53
Figura 13 - Protótipos de paredes nas suas diferentes fases de construção 61
Figura 14 - Layout da disposição das juntas de assentamento nos protótipos das paredes 63
Figura 15 - Modos de aplicação do rejuntamento: a) tradicional; b) desenvolvido pela autora 64
Figura 16 – Etapas do ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte 65
Figura 17 – Aparelhos utilizados para o ensaio de arrancamento 66
Figura 18 – Amostras demarcadas e seccionadas para o ensaio de arrancamento 67
Figura 19 – Fixação placas metálicas para ensaio de arrancamento 67
Figura 20 – Realização do ensaio de arrancamento 69
Figura 21 – Dispositivo cachimbo 70
Figura 22 – Materiais utilizados para realização do ensaio de permeabilidade 71
Figura 23 – Aplicação do silicone no cachimbo 72
Figura 24 – Cachimbos fixados na superfície, entre juntas de assentamento do porcelanato 72
Figura 25 - Argamassa colante utilizada na elaboração dos protótipos de revestimento de porcelanato 73
Figura 26 - Etapas de realização do ensaio de resistência de aderência à tração 74

Figura 27 – Pastilha metálica coladas sobre as placas cerâmicas, para realização ensaio à tração 75
Figura 28 – Configuração da ruptura de placas cerâmicas submetidas ao ensaio à tração 77
Figura 29 - Disposição das placas cerâmicas no substrato-padrão 78
Figura 30 - Configuração da ruptura de placas cerâmicas submetidas ao ensaio de tempo em aberto 79
Figura 31 - Substrato imprimado 80
Figura 32 – Conjunto elaborado para a realização do ensaio de deslizamento 81
Figura 33 - Etapas realizadas no ensaio de densidade de massa aparente em estado solto 82
Figura 34 - Corpos-de-prova sendo secos em estufa 83
Figura 35 – Verificação temperatura porcelanatos 84
Figura 36 – Porcelanatos imersos em água fervente 84
Figura 37 - Máquina Modelo DL 30000, onde realizou-se o ensaio de flexão dos porcelanatos 85
Figura 38 – Amostras porcelanato *bold* (A) e retificado (B) 86
Figura 39 – Ensaio flexão porcelanatos 86
Figura 40 - Argamassa de rejuntamento utilizada nos ensaios 87
Figura 41 – Preparo argamassa de rejuntamento 88
Figura 42- Ensaio determinação retenção de água argamassa de rejuntamento 88
Figura 43 – Absorção de água por papel filtro, após 10 minutos 89
Figura 44 - Elaboração dos corpos-de-prova 90
Figura 45 - Medição dos corpos-de-prova 90
Figura 46 - Corpos-de-prova concluídos e numerados 91
Figura 47- Corpos-de-prova elaborados para o ensaio de resistência à compressão 92
Figura 48 - Corpos-de-prova concluídos para execução do ensaio de absorção de água por capilaridade 93
Figura 49 – CPs ensaio capilaridade rejunte na estufa para secagem 93
Figura 50 – Imersão em água de CPs de rejunte, ensaio capilaridade 94
Figura 51 - Corpos-de-prova do ensaio de determinação de permeabilidade 95
Figura 52 – Configuração do ensaio de permeabilidade para argamassa de rejuntamento 95

Figura 53 – Obra um 105
Figura 54 – Disposição placas porcelanatos e suas respectivas juntas de assentamento.....106
Figura 55 – Detalhes aplicação porcelanato na fachada.....107
Figura 56 – Detalhamento juntas de movimentação 108
Figura 57 – Detalhamento proteção platibanda.....108
Figura 58 – Ponto de eflorescência aparente no porcelanato 109
Figura 59 - Patologia eflorescência ocasionada no prédio do Restaurante Lunar ..110
Figura 60 – Fachada após limpeza da eflorescência 111
Figura 61 – Desgastes ocasionado no porcelanato pela limpeza da eflorescência 112
Figura 62 – Parede sem eflorescência, apresentando-se abrigada das intempéries 113
Figura 63 – Transpasse de 50% entre as placas de porcelanato.....114
Figura 64 – Degradação das juntas de assentamento e rejuntamento 115
Figura 65 – Espessura da junta de assentamento 116
Figura 66 – Fachada do Ofício de Registro de Imóveis de Santa Cruz do Sul.....117
Figura 67 – Eflorescência no Prédio de Ofício de Registro de Imóveis.....118
Figura 68 – Preenchimento juntas de assentamento 123
Figura 69 – Ruptura G e E do ensaio de arrancamento paredes.....127
Figura 70 – Falha de colagem porcelanato 128
Figura 71 – Configuração diâmetro ensaio de retenção do rejunte.....140
Figura 72 – Eflorescência encontradas nos protótipos de paredes construídos para experimentos.....145
Figura 73 – Ensaio de arranchamento e preenchimento junta de assentamento onde se localiza eflorescência 146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Locais de uso do porcelanato, indicados por uma dada empresa.....24
Quadro 2 - Tipos de argamassas colantes.....29
Quadro 3 - Desempenadeiras e procedimentos.....30
Quadro 4 - Grupos de absorção de água de placas cerâmicas 33
Quadro 5 - Classificação dos porcelanatos.....37
Quadro 6 - Relação das propriedades com os tipos de rejuntamento.....40
Quadro 7 - Patologias revestimentos argamassados em fachadas 45
Quadro 8 - Patologia gretamento, fissura e trinca.....49
Quadro 9 - Sais envolvidos no fenômeno eflorescência 55
Quadro 10 - Espessura de juntas conforme o tipo do porcelanato.....62
Quadro 11 - Formas de ruptura do ensaio de arrancamento 68
Quadro 12 - Tipos de Ruptura.....76
Quadro 13 – Resistência de aderência – Requisitos e critérios de aceitação do sistema de revestimento.....97
Quadro 14 - Requisitos para aceitação da argamassa referente resistência de aderência à tração.....98
Quadro 15 - Requisitos para aceitação da argamassa referente ao tempo em aberto 99
Tabela 16 - Valores limites para o ensaio de absorção de água.....100
Quadro 17 – Requisitos para aceitação do porcelanato referente à determinação da carga e módulo de resistência á flexão 101
Quadro 18 – Preenchimento junta de assentamento porcelanato retificado 120
Quadro 19 - Preenchimento junta de assentamento porcelanato *bold*.....120
Quadro 20 – Resultados ensaio de arranchamento protótipo de parede 1 e 2 124
Quadro 21 - Resultados ensaio de arranchamento protótipo de parede 3 e 4 125
Quadro 22 - Resultados ensaio de arranchamento protótipo de parede 5.....126
Quadro 23 – Resultados infiltração protótipos de parede 1 e 2.....129
Quadro 24 - Resultados infiltração protótipos de parede 3, 4,5 e 6 130
Quadro 25 – Resultados das médias de tensão de ruptura 133
Quadro 26 – Resultado média tensão de ruptura série 2.....134
Quadro 27 – Resultados das tensões médias de ruptura para o ensaio de determinação de tempo em aberto.....135

Quadro 28 - Resultados para o ensaio de deslizamento da argamassa colante 136
Quadro 29 – Resultado densidade massa aparente em estado solto da argamassa colante ensaiada 137
Quadro 30 – Resultados de absorção para os porcelanatos retificado e *bold* 138
Quadro 31 - Resultados da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão porcelanatos.....139
Quadro 32 - Resultado do ensaio de variação dimensional 141
Quadro 33 – Resultados do ensaio da resistência à tração na flexão da argamassa de rejuntamento 142
Quadro 34 - Resultado da resistência à compressão da argamassa de rejuntamento 143
Quadro 35 – Resultados absorção por capilaridade argamassa rejuntamento.....144
Quadro 36 – Resultados do ensaio de permeabilidade da argamassa de rejuntamento 145

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 Área e limitação do tema 14
1.2 Objetivos 14
1.2.1 Objetivo Geral 14
1.2.2 Objetivo Específico 15
1.3 Justificativa 15
2 REFERENCIAL TEÓRICO 17
2.1 Sistemas de revestimentos externos 17
2.1.1 Fachadas que utilizam pintura como acabamento final 19
2.1.2 Fachadas com revestimento cerâmico 20
2.1.3 Fachadas com porcelanato 22
2.2 Subsistemas de revestimento cerâmico aderido 24
2.2.1 Base 26
2.2.2 Chapisco 26
2.2.3 Emboço 27
2.2.4 Camada de fixação 28
2.2.4.1 Argamassas Colantes 28
2.2.4.2 Colas 31
2.2.5 Placas Cerâmicas 31
2.2.5.1 Absorção de água 32
2.2.5.2 Resistência mecânica 33
2.2.5.3 Expansão por umidade e dilatação térmica 33
2.2.5.4 Resistência ao choque térmico 33
2.2.6 Porcelanato 34
2.2.7 Juntas 37
2.2.7.1 Juntas de assentamento 38

2.2.7.2 Juntas de movimentação 41
2.2.7.3 Juntas de dessolidarização 42
2.3 Patologia 43
2.3.1 Desplacamento 46
2.3.2 Fissuras, trincas e gretamento 47
2.3.3 Deterioração das juntas 49
2.3.4 Eflorescência 51
2.4 Definição e mecanismos para a formação da eflorescência 51
2.4.1 Definição da patologia eflorescência 51
2.4.2 Mecanismos de formação da eflorescência 55
3 METODOLOGIA 59
3.1 Visitas à obras 60
3.2 Protótipos de paredes e seus respectivos ensaios 60
3.2.1 Ensaios realizados com os protótipos das paredes 64
3.2.1.1 Ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte 64
3.2.1.2 Determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos com placas assentadas com argamassa colante 66
3.2.1.3 Ensaio de permeabilidade – Método do Cachimbo 70
3.3 Caracterização dos materiais 73
3.3.1 Argamassa Colante 73
3.3.1.1 Resistência de aderência à tração 73
3.3.1.2 Tempo em aberto 78
3.3.1.3 Deslizamento 79
3.3.1.4 Densidade da massa aparente em estado solto 81
3.3.2 Porcelanato 82
3.3.2.1 Determinação de absorção de água 83
3.3.2.2 Determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão 85

3.3.3 Argamassa para rejuntamento 87

3.3.3.1 Determinação de retenção de água 87

3.3.3.2 Determinação da variação dimensional 89

3.3.3.3 Determinação da resistência à tração na flexão 91

3.2.3.4 Determinação da resistência à compressão 91

3.3.3.5 Determinação da absorção de água por capilaridade 92

3.3.3.6 Determinação de permeabilidade 94

3.4 Técnicas e instrumentos de análise de dados 96

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 104

4.1 Visitas in loco com aplicação de um *check list* 104

4.1.1 Obra um 104

4.1.2 Obra dois 110

4.1.3 Obra três 117

4.2 Ensaios 119

4.2.1 Ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte nos protótipos de paredes 119

4.2.2 Determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos com placas assentadas com argamassa colante nos protótipos de paredes . 123

4.2.3 Ensaio de permeabilidade – Método do Cachimbo nos protótipos de paredes 129

4.2.4 Determinação da resistência de aderência à tração para argamassa colante 132

4.2.5 Determinação do tempo em aberto para argamassa colante 134

4.2.6 Determinação do deslizamento para argamassa colante 136

4.2.7 Determinação da densidade da massa aparente em estado solto para argamassa colante 136

4.2.8 Determinação da absorção do porcelanato 137

4.2.9 Determinação da carga e módulo de resistência à flexão do porcelanato 138

4.2.10 Determinação da retenção de água da argamassa de rejuntamento.....139

4.2.11 Determinação da variação dimensional da argamassa de rejuntamento 140

4.2.12 Determinação da resistência à tração na flexão da argamassa de rejuntamento.....141

4.2.13 Determinação da resistência à compressão da argamassa de rejuntamento.....142

4.2.14 Determinação da água por capilaridade da argamassa de rejuntamento 143

4.2.15 Determinação da permeabilidade da argamassa de rejuntamento.....144

4.3 Manifestações patológicas encontradas nos protótipos de paredes.....145

5 CONCLUSÕES 147

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 150

REFERÊNCIAS.....151

ANEXOS 156

ANEXO 1: Check list para aplicação em obras.....156

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o país está passando por um cenário de grandes transformações políticas, sociais e econômicas, originando uma situação de maior competitividade na área da construção civil. Profissionais do ramo estão buscando por novas tecnologias de execução e por produtos com maior qualidade, para se ter um melhor resultado e se destacar no mercado. Consumidores dessa área estão se tornando mais exigentes, atualizados, não se admitindo à adquirirem produtos/edificações com erros ou com que apresente alguma manifestação patológica. Essa situação reflete na área de planejamento e execução das construções, o que leva profissionais estarem cada vez mais atentos e atualizados.

Nesse sentido, Campante (2008) destaca que construções de grande porte, como grandes edifícios, é fundamental que os aspectos do projeto, execução e controle de cada uma das partes da estrutura sejam consideradas, originando um produto final com alto grau de acabamento e que satisfaça o cliente ao longo de sua vida útil.

Porém, com toda essa busca por atualizações na área, existem, ainda, grande incidência de edificações apresentando variados tipos de patologia. Conforme Bem (2019), grande parte dessas manifestações patológicas são caracterizadas pelo aparecimento da patologia eflorescência, que são depósitos salinos na superfície da estrutura ou revestimento, em que apresenta não, somente, danos a estrutura do conjunto edificado, mas, principalmente, danos estéticos, pois é uma patologia de fácil constatação. Diante dessa ideia, Figueredo Júnior (2017) complementa que as patologias na construção, em praticamente todos os casos, não se deve apenas a um fator, mas por um conjunto de fatores ou uma combinação de fatores que podem trazer vários prejuízos para todos os envolvidos na cadeia produtiva da construção civil, causando impactos visuais e até mesmo acidentais.

Achamos, muitas vezes, que a introdução de novas tecnologias e uso de novos produtos, vão auxiliar no desempenho da estrutura e aumentar o padrão técnico da edificação. Contudo, muitos dos produtos novos que surgem no mercado não possuem normas técnicas que especificam sua construção, trazendo aí, ao invés de melhorias para o sistema, erros de aplicação e desenvolvimento de manifestações patológicas. Um exemplo disso, é o material porcelanato, esse tipo de revestimento não possui normas técnicas regulamentadoras que especificam o uso do mesmo em

revestimentos externos aderidos, porém existe grande uso e especificações de empresas fabricantes do produto para a referida finalidade. Nesse contexto, existem diversas patologias que acometem esse sistema de revestimento de fachadas, sendo uma delas a eflorescência, citada anteriormente.

No que tange essa situação, poder entender os mecanismos que geram essas patologias e tentar algo novo, que pode trazer a resolução total ou parcial desses problemas, é uma grande possiblidade de crescimento profissional no mercado cada vez mais competitivo. A função dos revestimentos de fachadas é muito importante pois além de funcionarem como proteção da estrutura ao ambiente externo, contribuem no aspecto visual da edificação e quando esse sofre algum processo patológico ele vem acompanhado não só de um prejuízo estético ou estrutural como também de um grande prejuízo financeiro.

Diante da conjuntura atual é formidável se ter um controle desses problemas provenientes nas construções do país todo. Dando enfoque na patologia eflorescência, é importante saber suas principais causas, como se origina e, quando já existente, qual sua prevenção e tratamento. É essencial se ter a compreensão de quais técnicas e formas de execução são corretas para produtos novo, como o revestimento porcelanato, para assim não haver o imprevisto de erros e mau desempenho da edificação.

1.1 Área e limitação do tema

A área de estudo do presente trabalho é a análise de fachadas externas, delimitando-se à estudos mais aprofundados com relação a revestimentos externos aderidos, com enfoque na patologia eflorescência.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar as características e comportamentos do sistema de fachadas com porcelanato aderido, enfatizando na patologia eflorescência.

1.2.2 Objetivo Específico

- Estudar o comportamento das fachadas com porcelanato aderido, analisando diferentes formas de execução em protótipos de paredes;
- Analisar as origens da patologia eflorescência, por meio de ensaios experimentais;
- Analisar e propor formas de construção e execução do sistema de revestimento externo com porcelanato aderido, realizando ensaios em protótipos de paredes com esse tipo de revestimento e, ensaios de caracterização de materiais, para inibir a patologia eflorescência;
- Analisar casos da patologia eflorescência em porcelanatos em prédios em uso;
- Verificar, por meio de ensaios, as possíveis soluções da patologia em questão e, a melhor forma de execução do revestimento externo com porcelanato aderido.

1.3 Justificativa

Com o aumento da tecnologia no país, vários materiais e diferentes tipos de execução de acabamento, na área da construção civil, surgiram. Um exemplo disso, é a evolução e a crescente produção de revestimentos cerâmicos, dentre eles a cerâmica porcelanato.

A ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para revestimentos, louças sanitárias e congêneres (2019) relata, que o Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, ocupando a terceira posição em produção e consumo. Em 2018, foram produzidos 795 milhões de metros quadrados para uma capacidade instalada de 1.064 milhões de metros quadrados. As vendas totais no mercado interno atingiram 694,5 milhões de metros quadrados.

O crescimento do consumo de revestimentos cerâmicos e, consequentemente, do porcelanato no Brasil, deve-se a sua aceitação no mercado, principalmente pelos profissionais de projeto, que são, juntamente com os fabricantes, os grandes responsáveis pela adequada especificação do produto (MUNIZ, 2013).

O porcelanato é um material altamente adotado, atualmente, por apresentar um ótimo padrão de acabamento e por possuir boas características de desempenho.Com esse crescente uso, o porcelanato está sendo empregado e aplicado em várias partes da construção, sendo uma delas o revestimento de fachadas externas.

Grandes empresas que comercializam o material indicam em seus catálogos e sites, especificações desse tipo de cerâmica nessa área de uso. O grande problema dessa situação, é que o porcelanato é um material que não apresenta especificações técnicas para ser usado e executado como revestimento aderido de fachadas externas, originando assim, muitas vezes, uma execução e aplicação errada desse material. Com isso, surgem várias manifestações patológicas, que comprometem a integridade da estrutura e traz um mau aspecto estético ao acabamento final.

As patologias são problemas recorrente, que afetam não somente o desempenho da aplicação e execução do porcelanato, mas também, de outros materiais cerâmicos e de alguns subsistemas encontrados em diferentes locais de uso da construção, sendo uma das mais incidentes a eflorescência. Complementando, Campante (2008) salienta, que os problemas ocasionados com revestimentos cerâmicos, se dá pela falta de planejamento e de um projeto bem detalhado e racionalizado, trazendo, frequentemente, patologias e desperdícios de materiais.

Para um melhor entendimento, a eflorescência é definida por Santos e Silva Filho (2008) como sendo, depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento ou superfícies cimentícias, como piso, paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.

Em uma pesquisa realizada por Mansura, *et al.* (2012), na cidade de Belo Horizonte – MG, de 44 prédios estudados, 11 apresentaram a patologia eflorescência. Essa patologia, além de prejudicar esteticamente a construção, gera um gasto financeiro não previsto e desperdícios de materiais para sua reparação. Com isso, não só os proprietários das residências são prejudicados, mas também, as construtoras, que necessitam arcar com os custos de reparo e, muitas vezes, lidar com o fato de sua imagem ser denegrida no mercado.

Nesse sentido, é importante se ter um estudo da execução desse tipo de material na área citada anteriormente, e analisar a patologia eflorescência, que está tendo alta incidência nesse sistema construtivo, justificando-se assim, a existência e realização do presente trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo reúne explicações de revestimentos externos em fachadas, dando ênfase nos revestimentos externos aderidos. Abordará diferentes tipologias desse sistema, explicando com mais detalhe os revestimentos cerâmicos empregados em nosso país, aliados aos requisitos e às recomendações normativas para o desenvolvimento e execução nesse sistema construtivo. O capítulo, também enfatizará as principais manifestações patológicas que surgem nos revestimentos externos, abordando com mais minúcia a patologia eflorescência.

2.1 Sistemas de revestimentos externos

De acordo com a NBR 13755:2017, revestimento externo é definido como um conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas compostas por diferentes materiais, sendo a estrutura suporte, alvenaria, camadas de argamassa e revestimento final. Conforme a mesma norma, o conjunto de revestimento externo traz como principal função proteger a construção da ação de agentes degradantes, como intempéries, e dar um melhor padrão de acabamento.

Junior (2008) complementa, que o sistema de revestimento pode ser entendido como um conjunto de subsistemas, sendo de suma importância para o desempenho global das edificações, contribuindo na estanqueidade de líquidos e gases, isolamento térmico e acústico, e além de ajudar na estética da construção.

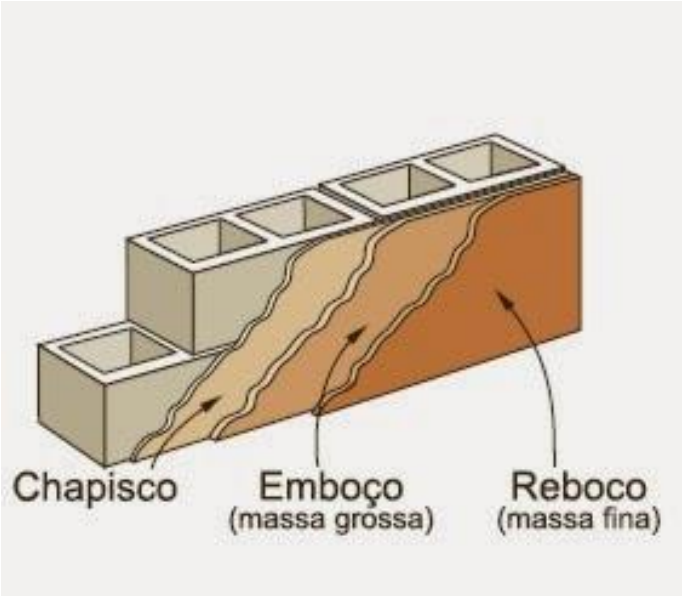
Os sistemas de revestimentos de fachadas é utilizado desde a Idade Média, evoluindo com o surgimento de novos materiais. Um dos principais sistemas de vedação de fachadas é composto por revestimentos cerâmicos, pinturas e, ultimamente por materiais cerâmicos mais modernos, como o porcelanato.

Azeredo (1987) afirma, que os revestimentos externos podem ser divididos conforme o tipo de material utilizado, ou seja, em argamassados e não argamassados.

Os revestimentos argamassados são constituídos por três camadas ligadas entre si, que são elas: chapisco, emboço e reboco, conforme Figura 1. Essas camadas são executadas tradicionalmente com argamassas inorgânicas, sendo cada uma

aplicada em seu tempo. Esse conjunto é fixado na camada base da construção, onde o emboço servirá como uma camada de regularização e o reboco como uma camada de acabamento (AZEREDO, 1987).

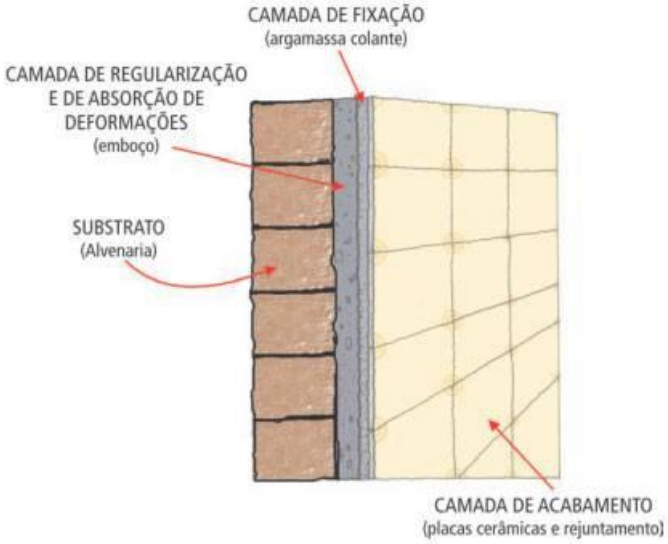
Figura 1 - Camadas de revestimentos argamassados



Fonte: Furlan Engenharia e Arquiteura, 2014.

Já os revestimentos não argamassados, são aqueles que além da argamassa é utilizado outros tipos de materiais. É constituído por uma camada de regularização, camada de fixação e uma camada de acabamento (AZEREDO, 1987). Na Figura 2 está representada as camadas do revestimento não argamassado.

Figura 2 - Camadas de revestimentos não argamassados



Fonte: ConstruFacilRJ, 2013.

O sistema de revestimento externo em fachadas é a parte constituinte de uma edificação mais exposta ao ambiente e ações degradantes, sofrendo com a ação da temperatura, umidade e movimentações estruturais, ocorrendo assim, com mais frequência, manifestações patológicas (LUZ, 2004).

Medeiros e Sabbatini (1999) afirmam que o detalhamento de fachadas não recebem a real importância e atenção que deveriam ter dos projetista, em relação aos materiais indicados. Destacam ainda, que é comum os projetistas indicarem materiais de revestimentos com maior disponibilidade no mercado, que se enquadre a verba da obra, e que apresente uma boa estética, sendo a escolha raramente baseada em critérios técnicos confiáveis.

Para se ter um projeto completo de revestimentos de fachadas é preciso levar em consideração diversos fatores como: estado-limite de serviço da estrutura, cronograma de execução da estrutura, exigências arquitetônicas, tipo de emboço, características e propriedades da argamassa colante, do rejunte e do selante, e a variação térmica que irá ocorrer na estrutura. Ou seja, o projeto de revestimento tem por objetivo especificar métodos e detalhes construtivos, e os tipos de materiais adequados para cada situação. O projeto de revestimento de fachadas é obrigatório, e necessita ser elaborado por um profissional legalmente habilitado, para ter as devidas exigências cumpridas (NBR 13755:2017).

A seguir será apresentado alguns tipos de revestimentos externos com diferentes camadas de acabamento.

2.1.1 Fachadas que utilizam pintura como acabamento final

Conforme Britz (2007) a pintura como acabamento final de revestimentos, é uma camada composta por uma superfície de tinta, que pode ser aplicada através de várias técnicas. Tem função decorativa e, principalmente, função de proteger a superfície onde será aplicada.

A pintura, não deve ser entendida, somente, como uma camada de acabamento final. Essa, engloba outras camadas que constituem esse revestimento, dentre elas: fundos e líquidos preparadores de parede, massas e, por último, a tinta de acabamento (UEMOTO, 2005). A seguir, é apresentado, na Figura 3, as camadas de uma pintura.

Figura 3 - Camadas constituintes de um sistema de pintura

Fonte: disponível em: <http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/pintura-de-parede/>. Acesso em: 06 de agosto de 2019.

Uemoto (2005) acrescenta, que a pintura não deve ser tratada como um sistema isolado, somente por ser a etapa final de uma obra. Ela deve ser planejada no projeto inicial da construção, para assim se conseguir um bom desempenho da camada e para prevenir futuras manifestações patológicas.

A pintura pode ser obtida por diversos tipos de tinta e, aplicada em vários tipos de superfície. Tem a possibilidade e flexibilidade de colorir os substratos de fachadas com diferentes tons, permitindo ao público alvo, variados layouts de acabamento final.

2.1.2 Fachadas com revestimento cerâmico

Quando se fala em revestimento cerâmico, logo se pensa em placas cerâmicas para revestimentos. Entretanto, revestimento cerâmico é constituído por um conjunto, formado por placas cerâmicas, argamassa de fixação e rejuntamento (CAMPANTE, 2008).

Medeiros e Sabbatini (1999) complementam, que revestimento cerâmico é um:

> Conjunto monolítico de camadas (inclusive o emboço de substrato) aderidas à base suportante da fachada do edifício (alvenaria ou estrutura), cuja capa exterior é constituída de placas cerâmicas, assentadas e rejuntadas com argamassa ou material adesivo.

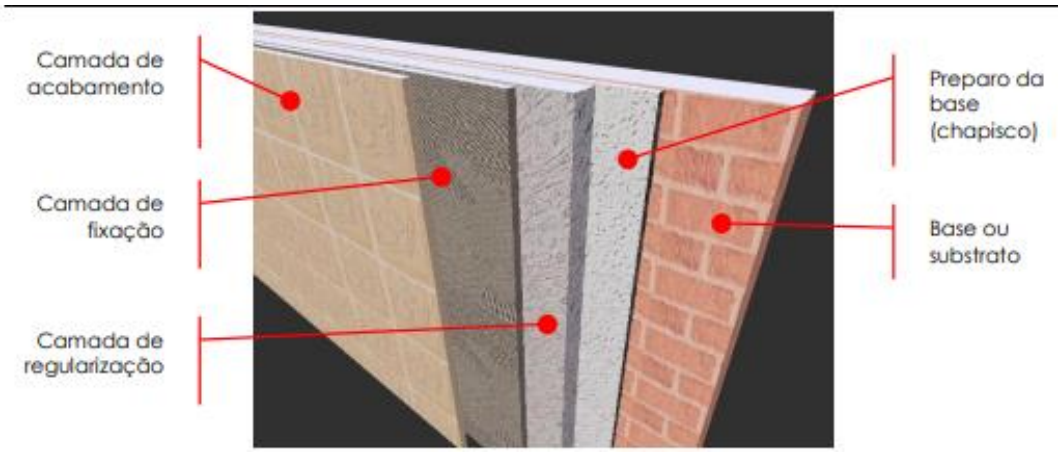
As principais funções de um sistema de revestimento cerâmico é proteger a estrutura vedante de uma construção, auxiliar no isolamento térmico e acústico, na estanqueidade de líquidos e na segurança contra incêndios, trazer um melhor acabamento na superfície da obra e um bom padrão estético (CAMPANTE, 2008).

O sistema de revestimento cerâmico para fachadas pode ser diferenciados conforme a forma e técnica de aplicação e tipo de comportamento quando usados. As técnicas de aplicações mais utilizadas são as que usam argamassas colantes ou quando colam as placas diretamente no emboço. Sendo assim, essa técnica se caracteriza pelos revestimentos aplicados trabalharem junto com a base e substrato onde fixados, sendo denominados como revestimentos aderidos (MEDEIROS E SABATINI, 1999).

Existem sistemas de revestimentos cerâmicos externos que não são fixados diretamente no substrato da edificação. Esses revestimentos para serem aderidos na base da construção, precisam de estruturas especiais, e formam outras camadas no sistema, como por exemplo materiais de isolamento térmico. Nesta situação, o sistema pode ser chamado de não aderido (MEDEIROS E SABATINI, 1999).

No revestimento externo cerâmico aderido, Junginger (2003) ressalta que existem três camadas básicas, dentre elas: camada de regularização, camada de fixação e camada de acabamento (placas e juntas de assentamento). Na Figura 4, a seguir, está representada as partes do revestimento cerâmico externo citado anteriormente.

Figura 4 - Modelo das camadas do sistema de revestimento cerâmico



Fonte: Junginger, 2003.

De acordo com Luz (2004) para se ter uma melhor compreensão do sistema de revestimento cerâmico externo, é preciso conhecer as características de cada camada que a constituem, dando ênfase nas juntas de dilatação ou movimentação.

O revestimento cerâmico se destaca por apresentar uma boa limpabilidade, possuir maiores modos de compor padrões geométricos, apresentar uma manutenção baixa e maior resistência, frente a outros tipos de acabamentos. Embora, existindo muitas qualidades, o revestimento cerâmico apresenta diversos problemas, entre os quais se destacam, a alta propagação de patologias e desperdícios de materiais e mão-de-obra (CAMPANTE, 2008).

Compilando as afirmações de Luz (2004) e Campante (2008), é possível constatar, que possuir noções dos agentes degradantes, movimentações, funções e execução do sistema, é fundamental para suprir lacunas existentes nesse tipo de revestimento e para elaborar e executar um projeto confiável.

Com a evolução e aprimoramento de produtos, e surgimento de novas tecnologias, os revestimentos cerâmicos externos, como placas cerâmicas, vem sendo substituídos por produtos mais sofisticados, com alto padrão de acabamento e melhor aparência estética, como os porcelanatos. No entanto, por ser um procedimento novo, não há normas técnicas regulamentadoras de execução de fachadas com esse tipo de material, existindo somente para revestimentos externos cerâmicos (placas cerâmicas).

Nesse sentido, o trabalho em questão contemplará revestimentos externos aderidos, focando nos revestimentos com porcelanato aderido, utilizados com grande frequência atualmente, porém não regulamentados. Sendo assim, a pesquisa se embasará em documentos e normas de revestimentos externos cerâmicos, que apresentam normatização técnica de execução, como já explanado anteriormente.

2.1.3 Fachadas com porcelanato

Os sistemas de fachadas com porcelanato aderido não diferem muito em relação aos sistemas com revestimentos cerâmico comuns. O grande problema encontrado nesse tipo de execução, é a falta de norma técnica regulamentadora com relação a execução e indicação desse material.

No entanto, mesmo não havendo regulamentação técnica no Brasil, existe muito a utilização e o emprego desse revestimento em sistema de fachadas externas com

revestimento aderido. Há relatos de prédios edificados, neste pais e no exterior, com construções de alto desempenho que utilizam essa prática.

Um exemplo disso, é o Centro de Comércio de Curitiba - Paraná, construído em 1995, e os prédios Enseada dos Corais, Natal, e *Planet Work*, em São Paulo, construídos ambos em 2001, que apresentam em parte de suas fachadas o material porcelanato (MARANHÃO, 2006).

Empresas que comercializam revestimentos para construção civil, dentre eles o porcelanato, negociam de forma aberta e recomendam a utilização do material em fachadas de modo aderido e não aderido. Uma prova que essas empresas indicam o porcelanato para fachadas com revestimento aderido, é a imagem do site, representada na Figura 5, e o Quadro 1 que indicam os lugares de uso do porcelanato, encontrado também nos sites.

Figura 5 - Materiais indicados, por uma dada empresas, para revestimento aderido em fachadas

Fonte: Portobello, 2019.

Quadro 1 - Locais de uso do porcelanato, indicados por uma dada empresa

Sigla	Local de uso
LA	Banheiros Residenciais
LB	Ambientes residenciais sem acesso para rua, como banheiros, salas, quartos e cozinhas.
LC	Ambientes residenciais com e sem acesso para rua, como banheiros, salas, cozinhas, garagens e varadas. Áreas comerciais sem acesso para rua.
LD	Ambientes residenciais e comerciais com e sem acesso para rua, como banheiros, salas, cozinhas, garagens e varadas.
LE	Indicado para calçadas e ambientes externos com área planas. Ambientes residenciais e comerciais com e sem acesso para rua, como banheiros, salas, cozinhas, garagens e varadas.
LF	Fachadas.
LP	Piscinas.

Fonte: Adaptado de Catálogo Geral Eliane, 2019.

Para fachadas externas uma das recomendações é o cuidado da argamassa colante que se utilizará na execução do sistema, pois existem peças de porcelanato com elevados tamanhos, que necessitam de uma maior atenção na fixação em prédios de grandes alturas. Ou seja, precisa-se ter um cuidado especial com a aderência do material ao substrato que será fixado (LUZ, 2004).

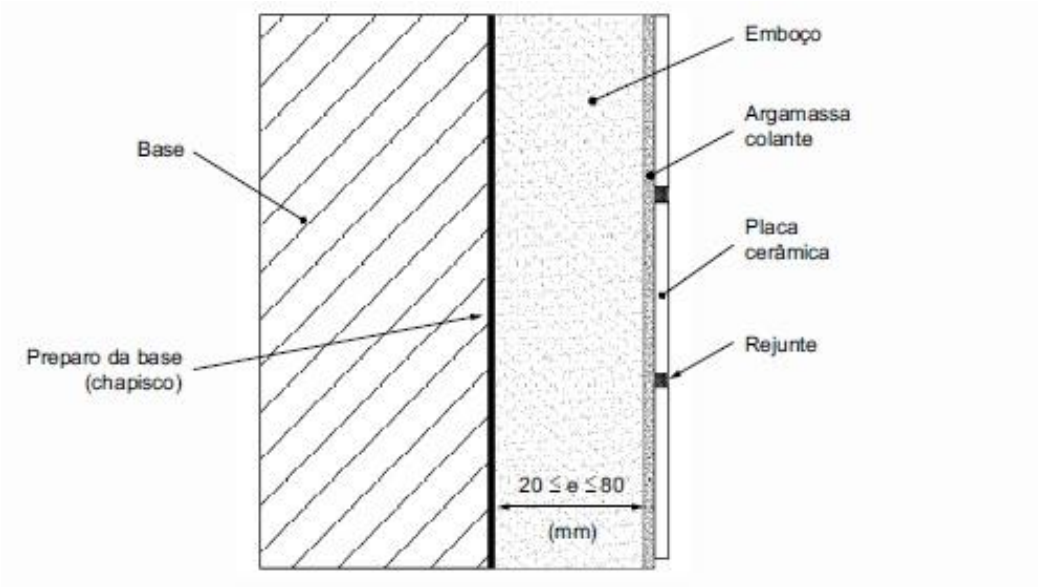
Muniz (2012) complementa que o porcelanato por ser um produto com auto desempenho, é utilizado em diferentes lugares na obra. Porém, por ser um material relativamente novo, existem dúvidas na sua correta aplicação, o que leva os profissionais a utilizarem o produto conforme o emprego de outros revestimentos cerâmicos. O mesmo autor salienta que a especificação do produto nas diferentes áreas de uso, geralmente é seguida por catálogos ou manuais do fabricante, o que dificulta a real e correta execução desse material.

2.2 Subsistemas de revestimento cerâmico aderido

O sistema de revestimento cerâmico pode ser considerado o mais diverso da construção, por ser feito com diferentes camadas e tipos de materiais. É constituído, não somente, por placas cerâmicas, mas pelo emboço, chapisco, e a base, onde o sistema será aderido. Além das camadas já citadas, vale ressaltar que existem as juntas de movimentação, muito importante para o desempenho da fachada (LUZ,

2004). Na Figura 6 está representada as camadas constituintes de um sistema de fachadas conforme NBR 13755:2017.

Figura 6 - Camadas de um sistema de revestimento cerâmico



Fonte: NBR 13755:2017.

A NBR 13755:2017 afirma que as diversas camadas que formam o sistema de fachadas, quando analisadas individualmente apresentam comportamento distinto, de quando integradas ao sistema, formando um conjunto.

No sistema, pelas camadas estarem aderidas umas às outras, existem restrições, onde leva ao aparecimento de esforços internos. Os esforços tendem ser mais expressivos quando as camadas forem mais rígidas, originando manifestações patológicas (NBR 13755:2017).

Quando se faz referência à aderência, não se fala da aderência de somente uma camada do sistema de revestimento, como por exemplo a argamassa, mas sim a aderência da argamassa/substrato. Frequentemente, os sistemas de revestimentos agem em suas propriedades e funções em conjunto com substrato (JUNIOR, 2008).

Junior (2008) enfatiza ainda, que os empregos atribuídos à utilização dos sistemas de revestimentos variam de construção para construção, ou seja, dependem em grande parte da concepção da edificação, suas paredes, fachadas, e sistema de revestimento.

A seguir será detalhado cada camada, explicando suas funções, empregabilidade, materiais utilizados, entre outras especificações.

2.2.1 Base

A NBR 13755:2017 define base como sendo toda superfície onde é aplicada as camadas de revestimento. Ribeiro (2010) complementa que a base é constituída por qualquer estrutura de concreto e pelo vedo, usualmente de blocos de diferentes materiais, sendo o mais utilizado o bloco cerâmico.

A base não faz parte das camadas principais do sistema de revestimento externo, mas serve como uma superfície de apoio dessas camadas. Levando assim, a importância de ser estudada e explicada neste trabalho. A base possui características que interferem no desempenho do sistema, tendo que levar em consideração seu comportamento de movimentação e fissuração no planejamento do projeto (RIBEIRO, 2010).

Ribeiro (2010) acrescenta ainda, que a base deve estar devidamente preparada para receber as camadas de chapisco e emboço, ou seja, suas características superficiais devem estar de acordo. Para que isso seja possível, é necessário observar sua regularidade geométrica, porosidade, e sua constituição mineralógica, que interferem diretamente na capacidade de aderência para receber o revestimento.

Além dos cuidados mencionados acima é necessário se ter uma boa limpeza da estrutura de fixação. Remover pó, resíduos, materiais soltos, materiais gordurosos, partículas aderidas com espátula e lavar a superfície para deixá-la isenta de qualquer impureza, é essencial para se ter uma boa execução das outras camadas sob a base. (MANUAL DE ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO, 2011).

2.2.2 Chapisco

Chapisco pode ser definido como a camada de preparo da base. Serve para uniformizar a camada de fixação em relação à absorção e, melhorar a aderência e fixação do revestimento a esta superfície. O chapisco pode ser aplicado de forma contínua ou descontínua (NBR 13755:2017).

A mesma norma cita que tanto o chapisco e o emboço pode ser produzidos por argamassas industrializadas ou preparadas em obra. Vale ressaltar, que as argamassas industrializadas tem um controle de qualidade mais elevado, contribuindo no desempenho e uniformidade da camada.

O chapisco além de uniformizar a base e ajudá-la a criar resistência na aderência para receber o revestimento, auxilia na estanqueidade do sistema, ajudando na performance global da edificação. Com isso, essa camada é sempre recomendada em sistemas de fachadas com revestimentos aderidos (RIBEIRO, 2010).

Antunes (2010) recomenda, que o chapisco tradicional deve ser executado com argamassas de traço 1:3, variando até 1:4 (cimento: areia média – grossa, em volume), e ser lançado com colher de pedreiro com uma determinada força, para garantir uma rugosidade, contribuindo assim, na aderência do revestimento.

Existem o chapisco rolado que é aplicado através de um rolo, onde é constituído por argamassas com traço, em volume, 1:5 (cimento: areia fina), e os adesivos poliméricos. E há também, o chapisco industrializado. (ANTUNES, 2010)

A NBR 13755:2017 salienta, que o chapisco deve possuir idade mínima de três dias, para depois receber a próxima camada, que é o emboço. A espessura média da camada se encontra próxima a 5mm (ANTUNES, 2010).

2.2.3 Emboço

Segundo a NBR 13755:2017:

> Emboço é uma camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.

Além de regularizar a base, o emboço apresenta outras importantes funções, destacando-se a contribuição da estanqueidade da fachada, a absorção e dissipação das movimentações e tensões ocasionadas pela movimentação da base (RIBEIRO, 2010).

Junginger (2003) destaca, que o emboço necessita apresentar planeza, uma boa resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, homogeneidade, regularidade superficial e, principalmente, uma boa aderência com a camada anterior. Além de tudo isso, o emboço deve apresentar uma compatibilização com a argamassa colante e placa cerâmica, que será aplicada posteriormente.

O emboço deve ser aplicado através de uma desempenadeira e apresentar uma textura rugosa. Conforme Yazigi (2009) a argamassa deve apresentar traço 1:1:4 de cimento, cal e areia grossa em volume.

A NBR 13755:2017 especifica que o emboço deve possuir espessura mínima de 20mm e, espessura máxima de 50mm, para revestimentos externos. Deve estar concluído há pelo menos 14 dias e estar isento de qualquer resíduos, para aplicação da argamassa colante.

Outra característica importante do emboço, que é estabelecida pala NBR 13749:2013 é a resistência de aderência do mesmo à base, onde é especificado uma resistência mínima de 0,3 MPa para paredes externas com revestimento cerâmico.

2.2.4 Camada de fixação

A camada de fixação tem por função fixar as placas cerâmicas em geral, no substrato. Existem dois tipos mais comuns de materiais que desempenham essa função, dentre eles as argamassas colantes e as colas. A distinção de uso desses materiais, se dá com relação a espessura das camadas anteriores do sistema de revestimento, com a capacidade de absorver as irregularidades, e com a aderência ao material constituinte da base (CAMPANTE, 2008).

2.2.4.1 Argamassas Colantes

A argamassa colante também conhecida por cimento cola, cimento colante ou, até mesmo, por argamassa adesiva é definida por a NBR 13755:2017 como sendo um produto industrializado, no estado seco, composto por cimento, agregados e aditivos químicos, que quando misturados com água, formam uma massa viscosa, plástica e aderente, permitindo a fixação de placas cerâmicas em diversos substratos.

Junginger (2003) complementa que existe dois tipos de argamassas colantes industrializadas, as mono e bicomponentes. Essas duas argamassas, diferem pelo tipo da mistura líquida que deve ser empregada para originar a pasta. A monocomponente, a parte líquida é representada por, apenas, água limpa, quando a bicomponente é caracterizada por a parte líquida ser uma emulsão polimérica.

As argamassas colantes são altamente usadas atualmente no Brasil, pois apresentam grandes vantagens frente as argamassas feitas em obra. Dentre essas

vantagens, Campante (2008) destaca, que as argamassas colantes apresentam melhor resistência a aderência; sua retração não provoca tensões nas placas cerâmicas; possibilitam técnicas de assentamento mais racionalizadas, com mais limpeza e simplicidade; apresenta menos custo global; e é compatível com as camadas de regularização da base.

Para se ter um bom desempenho desse produto, é preciso ter atenção em relação a algumas de suas características, tais como: tempo de vida, de abertura e de ajustabilidade compatíveis com as condições da obra; plasticidade e coesão, permitindo a aderência correta da placa cerâmica; retenção de água compatível com tipo de substrato e de placa cerâmica a ser assentada; e uma adequada espessura, permitindo um contato correto entre as camadas de assentamento e a placa cerâmica (CAMPANTE, 2008).

As argamassas colantes são apresentadas em quatro tipos, conforme a NBR 14081 – 1:2012. Essas argamassas se tornam diferentes por propriedades como tempo em aberto, deslizamento e resistência de aderência à tração aos 28 dias. No Quadro 2 está representado os diferentes tipos de argamassa colante.

Quadro 2 - Tipos de argamassas colantes

Propriedades	Métodos de Ensaio	Unidade	Argamassa Colante Industrializada			
			ACI	ACII	ACIII	E
Tempo em Aberto	ABNT NBR 14083	min	≥15	≥20	≥20	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min do especificado neta tabela
Resistência de aderência à tração aos 28 dias	ABNT NBR 14084					
- Cura Normal		MPa	≥0,5	≥0,5	≥1,0	
- Cura Submersa		MPa	≥0,5	≥0,5	≥1,0	
-Cura em estufa		MPa	-	≥0,5	≥1,0	
Deslizamento[1]	ABNT NBR 14085	mm	≤0,7	≤0,7	≤0,7	
[1] O ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento horizontal.						

Fonte: Adaptado de NBR 14081 – 1:2012.

Por recomendações da mesma norma citada acima, as argamassas do tipo ACI são destinadas para uso interno, as do tipo ACII para uso externo, suportando ações de intempéries, as do tipo ACIII apresentam resistência e aderência superior em relação às argamassas do tipo ACI e ACII, e as do tipo ACIII-E devem possuir as mesmas exigências da ACIII, mas apresentar um maior tempo em aberto. Além dos

tipos mencionados, existem as argamassas com deslizamento reduzido, que trazem na sua nomenclatura a sigla D.

As argamassas colantes especiais e de alta resistência, possuem uma maior capacidade de aderência, e de maior tempo em aberto, como já mencionado. Esse tipo de argamassa é recomendada para revestimentos externos em fachadas e, principalmente, para placas cerâmicas de elevadas dimensões, como os porcelanatos. As argamassas para aplicação de porcelanatos necessitam ser especiais, porquanto esse tipo de material de acabamento possuir baixa porosidade e elevados tamanhos (CAMPANTE, 2008).

Em relação a aplicação da argamassa colante a NBR 13755:2017 recomenda, conforme Quadro 3, o tipo de aplicação e desempenadeira que devem ser utilizada, conforme o tamanho da placa cerâmica.

Quadro 3 - Desempenadeiras e procedimentos

Placas Cerâmicas (cm²)	Largura Mínima dos dentes de desempenadeira (mm)	Altura aproximada do cordão de argamassa (mm)	Aplicação da argamassa
Pastilhas [1]	6	4	Seguir recomendação do fabricante da pastilha
Até 400	8	6	Camada única (emboço apenas)
Entre 400 e 900 [2]	8	6	Camada dupla (verso da placa e emboço)
Acima de 900 [3]	Condições especiais de aplicação		
[1] A área da pastilha é menor do que 900 cm², portanto, não se aplicam as “condições especiais”.			
[2] A dupla colagem é obrigatória para placas de 400 cm² até 900 cm², exceto para alguns casos específicos, onde o projeto de revestimento especifique o assentamento em camadas simples. Ainda assim, recomenda-se no mínimo o uso de desempenadeiras dentadas de raio 10mm, de modo a minimizar as possibilidades de falhas de preenchimento do tardoz.			
[3] Condições especiais de aplicação: placas com área acima de 900 cm², além de exigir técnicas especiais de fixação, exigem emboço com desempenadeira superior mínimo prescrito nessa Norma, em particular com relação ao requisito de resistência superficial; estas exigências devem ser definidas em projeto em comum acordo com o fabricante da argamassa colante e das placas cerâmicas.			

Fonte: Adaptado de NBR 13755:2017.

Campante (2008) complementa, que as placas cerâmicas com área acima de 900 cm², podem usar desempenadeiras com dentes quadrados de 8 x 8 x 8mm, ou

semicirculares de raio de 10mm, com espaçamento de 3mm, usando a técnica da dupla colagem.

A NBR 14081 – 1:2012 recomenda ainda, que para fachadas de revestimentos cerâmicos é necessário usar no mínimo argamassa do tipo ACII, sendo o mais recomendado pela NBR 13755:2007 a argamassa ACIII, e que o assentamento deve-se dar em pano máximo de 1 m².

2.2.4.2 Colas

As colas usadas para fixação de placas cerâmicas são compostas à base de resinas orgânicas. Apresentam menos uso que as argamassas colantes por possuírem custos elevados e algumas limitações. Dentre as limitações podemos citar a necessidade da base ser extremamente lisa, e de não se ter a possibilidade de ajustar a placa cerâmica depois de aplicada (CAMPANTE, 2008).

2.2.5 Placas Cerâmicas

A NBR 13816:1997 define placas cerâmicas como sendo um material composto de argila e outras matérias primas inorgânicas, sendo empregadas como revestimentos de pisos e paredes. A mesma norma cita que as placas podem ser conformadas por extrusão, por prensagem ou por outros processos. Após a técnica anterior, as placas são secas e queimadas por altas temperaturas. Podem se apresentar ainda, como esmaltadas e não esmaltadas.

Quando são classificadas em extrudadas ou prensadas, as placas recebem essa categorização pelo tipo de moldagem, tendo a terminologia A para o tipo extrudado e B para o tipo prensado. Quando classificadas em esmaltadas e não esmaltadas, sua classificação se refere ao seu acabamento final. (CAMPANTE, 2008)

O mesmos autor salienta, que existem outras classificações para as placas cerâmicas, dentre elas, referente a textura e a cor. Em relação a textura, as placas se apresentam como lisas e rugosas. As placas lisas possuem melhor desempenho com relação a limpeza e temperatura, e as placas rugosas se destacam por melhor distribuir o fluxo de água da chuva na fachada. Referente a classificação conforme a cor, as placas são caracterizadas por cores escuras e claras.

A ANFACER (2019) relata que o Brasil é o terceiro colocado no ranking de maiores produtores e consumidores de revestimentos cerâmicos no mundo. Toda essa ascensão se dá pelas grandes vantagens que esse produto oferece aos consumidores, dentre elas alta resistência, durabilidade, beleza e diversidade, diversos tipos de preços, antialérgico, versátil, de fácil limpeza e colocação, alta compatibilidade, incombustível, ampla rede de fabricantes e grande disponibilidade no mercado (ANFACER, 2019).

Além de apresentar ótimas características, os revestimentos cerâmicos, trazem uma agilidade na execução do projeto de revestimento de fachadas, e possuem uma atratividade de consumo, por possuir um acabamento estético desejado, com múltiplos padrões de layouts (MEDEIROS E SABBATINI, 1999).

As placas cerâmicas possuem diversas propriedades, que é preciso se conhecer para fazer um correto uso e planejamento. Dentre suas propriedades se destacam a absorção de água, resistência mecânica, resistência a abrasão, dilatação térmica e expansão por umidade, resistência à gretagem, resistência ao choque térmico, resistência ao gelo, resistência a manchas, resistência ao ataque químico, resistência ao escorregamento, entre outras (CAMPANTE, 2008).

A seguir será explicado algumas das propriedades citadas acima, que interferem diretamente no projeto de revestimentos externos de fachadas.

2.2.5.1 Absorção de água

Compilando Medeiros e Sabbatine (1999), Junginger (2003) e Campante (2008), se tem uma ideia que a absorção de água está diretamente ligada a porosidade das placas cerâmicas. Quanto maior absorção de água a placa apresentar, mais frágil e menos resistente ela será. A NBR 13755:2017 complementa ainda, que a absorção de água para revestimentos em fachadas deve ser de no máximo 6%, e em ambientes com tempera atingindo 0°C, deve ser menor que 3%, para placas prensadas e extrudadas.

A NBR 13817:1997 apresenta uma tabela com a classificação das placas conforme sua absorção, sendo representada no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Grupos de absorção de água de placas cerâmicas

Processo de Produção	Absorção de água (%) para o Grupo				
	I		IIa	IIb	III
	a< 3%		3% < a<6%	6%< a<10%	a>10%
Extrudado (A)	AI		AIIa	AIIb	AIII
Prensado (B)	BIa	BIb	BIIa	BIIb	BIII
	a< 0,5%	0,5%< a <3%			

Fonte: Adaptado de NBR 13817:1997.

2.2.5.2 Resistência mecânica

Depende da composição da placa cerâmica quanto sua espessura. É caracterizada pelo módulo de resistência à flexão e à carga de ruptura (CAMPANTE, 2008).

2.2.5.3 Expansão por umidade e dilatação térmica

Conforme Ribeiro (2010), expansão por umidade (EPU) é o aumento de tamanho da placa cerâmica, que se dá pela absorção de água pelo corpo desse material. Já a dilatação térmica é o aumento de tamanho do revestimento, por ação da temperatura.

A EPU se tem maior ação conforme o tipo de matéria prima que constituem as placas cerâmicas. Essa variação de tamanho pode gerar manifestações patológicas na construção, como exemplo, o desplacamento do material de acabamento (RIBEIRO, 2010).

A NBR 13818:1997 especifica como principal característica física a ser avaliada, na aplicação de placas cerâmicas em fachadas, a expansão por umidade, delimitando e especificando ensaios para determinação desse resultado. Enfatiza ainda, que o valor da taxa de EPU não deve ser superior 06 mm/m para revestimentos externos.

2.2.5.4 Resistência ao choque térmico

Responsável por significar que a placa resiste a uma grande variação de temperatura.

De um modo geral é importante para um bom projeto, que as placas tenham um adequado padrão de acabamento, com planeza, sem empenamentos e dimensões corretas. É importante se ter preocupação com a disposição das placas cerâmicas no pano das fachadas, planejando os painéis sem cortes, pois as mesmas tem formatos modulares que facilitam essa prática, diminuindo assim, o desperdício (CAMPANTE, 2008).

2.2.6 Porcelanato

Dentro do grupo das cerâmicas de revestimento encontra-se o Grês Porcelanato, ou se preferir, somente porcelanato. Ainda pode ser chamado de Granito Cerâmico, ou Grês Fino Porcelanato (BIFFI, 2002).

Conforme a NBR 15463:2013:

> Porcelanato são placas cerâmicas compostas por argila, feldspato e outras matérias-primas inorgânicas, conformadas por extrusão, prensagem ou outros processos, podendo ser esmaltadas ou não esmaltadas, polidas ou naturais, retificadas ou não retificadas.

Menegazzo, *et al*. (2000) salienta que na indústria existe dois tipos de porcelanato, com distinção entre esmaltados, com absorção de água menor que 0,5%, e não esmaltados, com absorção de água menor que 0,1%. Nesse sentido, por apresentar baixa absorção de água a NBR 13817:1997, enquadra o material no grupo BIa, de placas cerâmicas, conforme Quadro 4, citado no tópico *Revestimentos Cerâmicos* deste trabalho.

Por apresentar um índice de absorção de água baixo, esse material quando polido, tem grande probabilidade de apresentar manchamentos. Isso se dá, pela causa do polimento abrir os poros, antes confinado na placa, expondo o interior do material, ao meio externo (JUNGINGER, 2003).

Sanchez (2003) complementa que grês porcelanato, é uma palavra composta, que pode ser definida, caracterizando cada palavra individualmente. Grês é qualquer produto esmaltado, resistente a arranhões e a impactos, impermeável e denso, que difere da porcelana por ser mais opaco. Já porcelânico/porcelanato refere-se à qualidades da porcelana, que é vitrificada e impermeável, mesmo sem ser esmaltada, e colorida artificialmente ou branca. Sendo assim a definição de grês porcelanato pode

ser entendida, como sendo um material impermeável, vitrificado ou não, colorido artificialmente, e feito pela composição de três materiais: caulim, quartzo e feldspato.

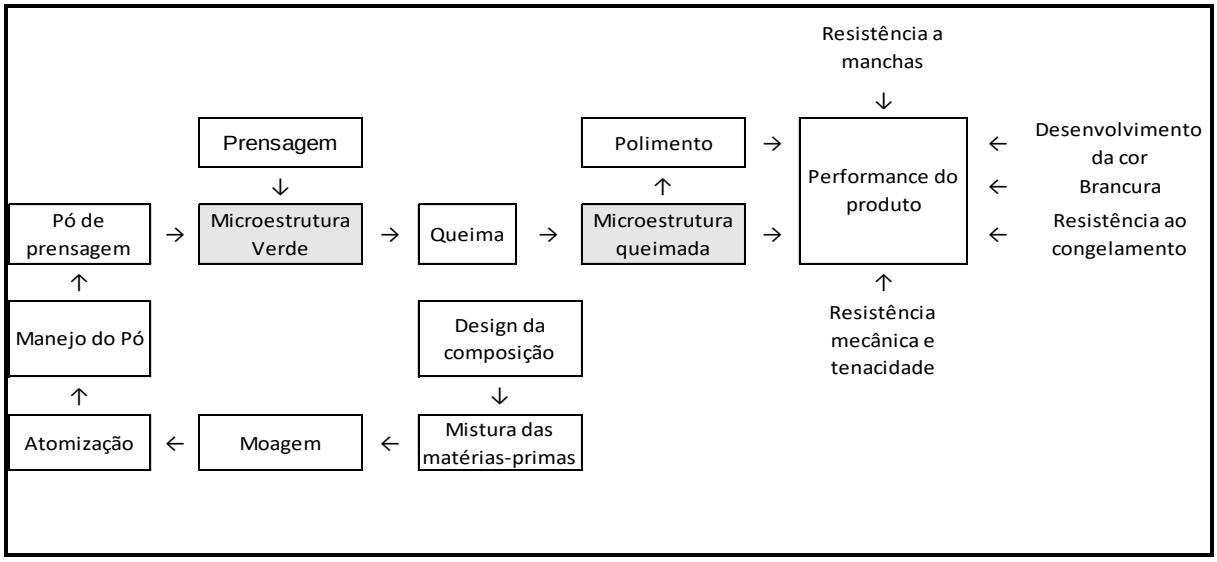
Compilando Heck (1996) e Sanchez (2001) é possível ver que o porcelanato, é um material com alta performance, e que se destaca por diversas características positivas, como: altíssima resistência a abrasão; resistência ao gelo; resistência a ácidos e álcalis; uniformidade de cores; impermeabilidade; facilidade de manutenção; amplas possibilidades de composições.

O porcelanato é constituído por misturas de matérias-primas como: 30-50% em peso de caulim e/ou argilas ilítico-cauliníticas, e mesma proporção anterior de feldspatos sódico-potássicos. Esses materiais devem apresentar baixo teor de óxido de ferro, para não influenciar na cor do produto final durante processos de fabricação. Para melhorar as propriedades do material e facilitar seu modo de produção, são adicionadas outras matérias-primas, porém em menor quantidade (SANCHEZ, 2001).

As boas características do porcelanato se dá pelo processo de manufatura do material, ou seja, relacionado a microestrutura apropriada no revestimento queimado. Além dos processos de fabricação, um importante fator, para a qualidade do porcelanato são as características das matérias-primas, que necessitam ter uma boa qualidade e alto controle de seleção (SANCHEZ, 2003).

A Figura 7 ilustra o processo de fabricação do grês porcelanato. Durante a manufatura do material existe vários processos e reações químicas, sendo um dos mais importantes, a queima. Sanchez (2003) afirma que a seleção das variáveis de queima, junto à formação prévia da microestrutura, é um aspecto fundamental envolvido na aquisição do produto final.

Figura 7 – Processo de fabricação do grês porcelanato



Fonte: Adaptado de Sanchez, 2003.

O porcelanato teve surgimento no final da década de 70 e início da década de 80, nas indústrias do Distrito de Sassuolo, na Itália. Foi uma evolução da fabricação de produtos de porcelana. Sanchez (2003) destaca, que os produtos fabricados em outras épocas anteriores, tornaram-se mais finos, conformados por prensagem, coloridos e de tamanhos 10 X 10 cm. Com isso, tecnologias de fabricação foram revolucionadas, nascendo o revestimento porcelânico moderno na Europa.

Heck (1996) enfatiza que a segunda revolução no setor cerâmico foi o surgimento do grês porcelanato, dado pela modernização de técnicas de produção, na década de 80. Afirma ainda, que mais relevante que isso, foi a transformação do grês porcelanato em um material versátil e moderno, através de técnicas de polimento, originando produtos com altas características e semelhantes as pedras naturais.

No Brasil, o porcelanato surgiu em 1996, fabricado pela Indústria de Revestimentos Cerâmicos Eliane (SC), que iniciou sua produção com porcelanatos não esmaltados. Até o ano de 1999 investiu em processos de produção e treinamento, onde teve grandes resultados na fabricação do produto. Outras fábricas surgiram nessa época como a Cecrisa (MG), e a Portobello(SC) no ano 2000 (MEGAZZO *ET AL.,* 2000).

Com a crescente produção e uso do porcelanato no Brasil, foi criada a NBR 15463:2013, que é específica para o uso de porcelanatos. Determina a classificação do material e regulamenta outras especificações. No Quadro 5 são delimitadas e

estabelecidas as principais características do porcelanato conforme a NBR 15463:2013.

Quadro 5 - Classificação dos porcelanatos

Propriedades Físicas		Unidades	Área do Produto < 50 cm²		Área do Produto > 50 cm²	
			Técnico	Esmaltado	Técnico	Esmaltado
Absorção Água	Média	%	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,5
	Individual (máx)	%	0,2	0,6	0,2	0,6
Módulo de Resistência à Flexão	Média	MPa	≥ 45		≥ 45	≥ 37
	Individual (min)	MPa	42		42	35
Carga de Ruptura	Φ < 7,5 mm	N	≥ 1000		≥ 900	≥ 900
	Φ < 7,5 mm	N	Não se aplica		≥ 1800	≥ 1500
Resistência à abrasão profunda		mm³	≤ 140	Não se aplica	≤ 140	Não se aplica

Fonte: Adaptado de NBR 15463:2013.

O material teve grande destaque no mercado, não só pelas ótimas características que a compõem, mas pelo seu alto valor agregado, por possuir novas formas estéticas e por ter alto grau de desempenho, dando novas opções aos consumidores de alta renda, que conhecem sua boa performance e bom comportamento (VIVONA, 2000).

Atualmente, existe uma vasta gama de opções de produtos, com diferem layouts, que imitam pedras naturais, madeiras, sintéticos, metais, tendo acabamentos foscos ou brilhosos. São fabricados para diferentes ambientes, desde para revestimentos de pisos à fachadas, com tamanhos variados e espessuras finas.

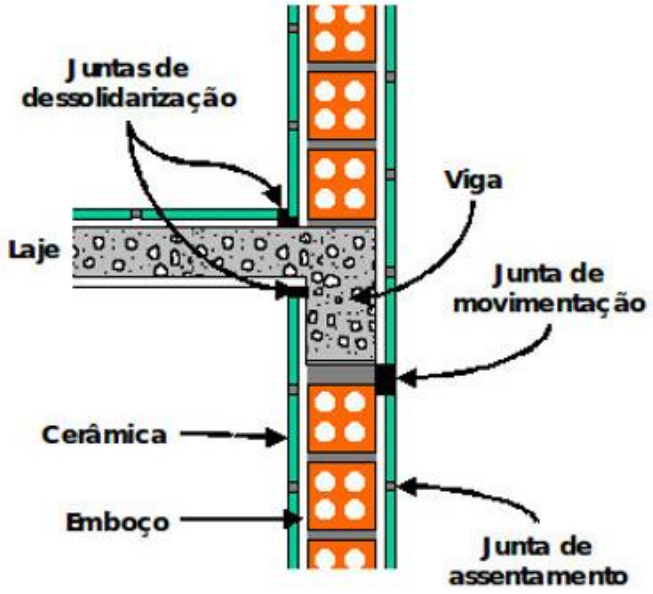
2.2.7 Juntas

Embora não se perceba, sabemos que as construções, dentre elas edifícios, apresentam movimentações. Essas movimentações, são ocasionadas por ações externas, dentre elas variação de temperatura, variação de umidade, peso da estrutura e vento (MANUAL DE ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTOS CERAMICOS EM FACHADAS, 2011). As movimentações são representadas por oscilações muito pequenas, mas que muitas vezes são capazes de prejudicar a estrutura edificada e gerar manifestações patológicas.

Para que seja controlado esses movimentos, sem que a edificação apresente problemas, é construída as juntas. Juntas, é definida por a NBR 13755:2017 como sendo uma abertura ou espaço regular entre duas superfícies adjacentes, que tem por finalidade principal absorver as tensões ocasionadas em diferentes materiais e camadas. Campante (2008) destaca, que os revestimentos cerâmicos por serem modulares devem sempre apresentar juntas, para assim permitir seu correto assentamento, sem futuros desplacamentos e fissuras.

As juntas podem ser classificadas em quatro tipos, dentre elas: assentamento, movimentação e dessolidarização (dilatação), e estruturais, conforme representada na Figura 8.

Figura 8 - Representação dos diferentes tipos de juntas



Fonte: disponível em: <www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-junta-estrutural.html>. Acessado em: 7 de agosto de 2019.

A seguir será, somente, apresentadas e explicadas as juntas que são realizadas entre placas cerâmicas.

2.2.7.1 Juntas de assentamento

A NBR 13755:2017 define junta de assentamento como sendo um espaço regular entre duas placas cerâmicas adjacentes. Sendo assim, Campante (2008),

complementa que são os espaços milimétricos deixados entre as placas cerâmicas, quando assentadas.

O mesmo autor salienta que essas juntas são de extrema importância para o bom desempenho de um revestimento externo cerâmico, enfatizando suas funções, como:

- Reduz o módulo de elasticidade do pano de revestimento, auxiliando na absorção das tensões advindas de variações térmicas, higroscópicas e deformações da base;
- Absorve as variações dimensionais entre as placas;
- Auxilia no alinhamento das placas cerâmicas, que possuem variações dimensionais, impossibilitando seu assentamento “a seco”;
- Permiti harmonização estética do conjunto;
- Auxilia na estanqueidade e isolamento do sistema.

É necessário se ter, assim como as outras partes do projeto, uma boa previsão e ideia do comportamento dos materiais que irão compor essa junta, dando principal atenção, para o material que irá selar ela, o rejunte. Existem diversos tipos de argamassas que compõem o rejunte, mas a mais utilizada é a argamassa industrializada, que apresenta um maior controle de qualidade.

Junginger (2003) ressalta que para se escolher um bom rejunte, é necessário observar algumas de suas características, dentre elas: resistência mecânica, resistência à abrasão, resistência ao impacto, resistência química, resistência à água, ao calor e ao congelamento, porosidade, trabalhabilidade, limpabilidade, capacidade de retenção de água, retração, aderência, compressibilidade, durabilidade, entre outras, para então, se ter um bom desempenho do sistema, prevenindo futuras manifestações patológicas.

A NBR 13755:2017 cita que os rejuntes, embora tenham função de atenuar a penetração de água no sistema, não são impermeáveis, necessitando de produtos especiais para a elaboração de juntas com essa característica. Porém, é importante ressaltar, que sistemas de revestimentos cerâmicos, com juntas impermeáveis, não formam um conjunto impermeável.

A NBR 14992:2003 classifica as argamassas à base de cimento em duas classes:

- Rejuntamento Tipo I: indicado para rejuntamento de placas cerâmicas de ambientes internos e externos, desde que o local a ser usado não apresente fluxo intenso de pedestres; deve ser usada em conjunto com placas cerâmicas com absorção de água acima de 3% e uso em ambientes externos limitados a 20 m², no caso de pisos, e 18 m², no caso de paredes.
- Rejuntamento Tipo II: indicado para rejuntamento de placas cerâmicas de ambientes internos e externos, desde que apresente todas condições do rejuntamento do tipo I; uso em locais com fluxo intenso de pedestres; deve ser usada em conjunto com placas cerâmicas com absorção de água abaixo de 3%; uso em ambientes externos, paredes e pisos, de qualquer dimensão, desde que haja juntas de movimentação e uso de ambientes internos ou externos com presença de água confinada.

A mesma norma estabelece algumas propriedades importantes para o desempenho das argamassas de rejuntamento, demonstrado abaixo no Quadro 6, onde relaciona as propriedades com os tipos de classes de rejuntamento.

Quadro 6 - Relação das propriedades com os tipos de rejuntamento

Propriedades	Unidade	Idade de Ensaio	Tipo I	Tipo II
Retenção de água	mm	10 min	≤ 75	≤ 65
Variação dimensional	mm/m	7 dias	≤ |2,00|	≤ |2,00|
Resistência à Compressão	MPa	14 dias	≥ 8,00	≥ 10,00
Resistência à tração na flexão	MPa	7 dias	≥2,00	≥ 3,00
Absorção de água por capilaridade aos 300 min	g/cm²	28 dias	≤ 0,60	≤ 0,30
Permeabilidade aos 240 min	cm²	28 dias	≤ 2,00	≤ 1,00

Fonte: Adaptado de NBR 14992:2003.

O rejuntamento das placas cerâmicas devem ser feitos após 72 horas do assentamento das placas, para evitar o surgimento de tensões de retração da secagem da argamassa colante. Porém, pode se executar, após todos os panos das fachadas terem sido revestidos, pois auxilia na absorção das tensões estruturais (CAMPANTE, 2008).

Para finalizar, é importante mencionar, que as juntas tem seus tamanhos, larguras, recomendados de acordo com a dimensão das placas a serem assentadas. A NBR 13755:2017 ressalta, que para revestimento cerâmicos em fachadas, a largura mínima deve ser de 5mm.

2.2.7.2 Juntas de movimentação

Conforme a NBR 13755:2017, juntas de movimentação ou dilatação são espaços regulares, normalmente mais largos que as juntas de assentamento, cuja função é subdividir o revestimento externo para aliviar as tensões provocadas pelas movimentações da base ou do próprio revestimento.

De acordo com Campante (2008) as juntas de movimentação tem por função principal, como já citado anteriormente, dissipar as tensões provocadas pelo revestimento e, além disso, funcionam como juntas de controle, colocadas em locais críticos, para prevenir futuras manifestações patológicas.

Esse tipo de juntas, são executadas seccionando-se toda ou parte da espessura do substrato e preenchendo-se este espaço aberto com materiais elastoméricos, sendo mais comum o uso de selantes (CAMPANTE, 2008). É indicado que os selantes não preencham toda junta, sendo preciso o uso de um limitador de profundidade. O material mais utilizado como limitador de profundidade, conforme a NBR 13755:2017, e que são geralmente compatíveis com os selantes, são as espumas de polietileno de baixa densidade e borrachas alveolares.

A NBR 13755:2017 recomenda ainda, que os selantes devem apresentar uma série de propriedades que lhes garantam um bom desempenho pelo tempo previsto em projeto, que não deve ser inferior a cinco anos. Uma dessas propriedades é serem impermeáveis, resistentes à agentes degradantes, permanecerem com as mesmas características de quando novos, entre outras.

Normalmente a espessura das juntas de dilatação, em seu ponto mais crítico, onde se referem a profundidade do selante, apresentam medida de 6mm e, a largura mínima da junta deve ser de 15mm (NBR 13755:2017). Campante (2008) complementa que as juntas devem absorver no máximo 30% de sua espessura, ou seja, se a junta apresenta 10mm de abertura, ela pode absorver deformações de até 3mm.

A NBR 13755:2017 relata, que as juntas de movimentação devem ser planejadas e definidas pelo projeto, sendo muito importante a indicação de sua posição. Recomenda-se que as distâncias entre as juntas horizontais não sejam superior a 3m, e as distâncias entre as juntas verticais não devam ser superior a 6m. Outra indicação, é que as juntas sejam construídas em mudanças de panos e pavimentos, não sendo necessário coincidir com as quinas da construção, mas que não exceda a 3m a distância da junta até o canto. Campante (2008) acrescenta que as juntas de dilatação verticais devem ser de tal maneira, que os painéis tenham entre 9m² e 30m². Sendo que os painéis de 9m² são indicados para situações mais críticas, como para placas com grandes dimensões ou para revestimentos que receba grande insolação e que tenha placas com cores quentes.

É importante ressaltar que nem todas juntas de dilatação de uma edificação apresentam mesmos comportamentos e características, sendo indispensável suas indicações em projetos.

2.2.7.3 Juntas de dessolidarização

Conforme o Manual de Assentamento de Revestimentos Cerâmicos em Fachadas (2011), juntas de dessolidarização são espaços deixados no encontro da parede revestida, com pisos, forros, vigas, pilares ou com outros tipos de revestimento. Estes espaços se iniciam no encontro de duas placas cerâmicas e atravessam a camada do emboço.

Campante (2008) enfatiza que esse tipo de junta tem a mesma função que as juntas de movimentação, servindo para dissipar tensões provocadas pela deformação do próprio revestimento, somadas à camada da base, e funcionar como juntas de controle, ou seja, colocadas em pontos críticos, prevenindo aparecimento de trincas e fissuras.

As juntas são geralmente localizadas nos rodapés das paredes e, por vezes, são preenchidas com materiais elastoméricos, selantes, possibilitando assim, sua livre movimentação. Sua execução e indicações de espessuras assemelha-se, também, com as juntas de movimentação.

2.3 Patologia

Por definição patologia é a ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção a origem, aos sintomas e ao desenvolvimento. Nas construções, não deixa de ser diferente, é o campo da Engenharia que estuda as origens, as manifestações, as consequências das falhas e dos sistemas de degradação das edificações que podem aparecer durante ou, mais comumente, após meses da execução.

Campante (2008) acrescenta que a patologia dá-se quando uma parte do edifício, em algum momento de sua vida útil, deixa de apresentar o desempenho previsto, originando falhas, que muitas vezes, pode comprometer a estrutura do mesmo.

Com isso, é importante saber as variadas origens que fazem com que apareça esses problemas. Nesse sentido, se constituem quatro causas que ocasionam as manifestações, sendo elas, destacadas conforme Oliveira (2017), como:

- Congênitas: originadas por não observância das normas técnicas, concepção inadequada dos revestimentos e especificação inadequada de materiais.
- Construtivas: está relacionada a fase de execução, ou seja má aplicação dos produtos, má execução das etapas construtivas e falta de mão de obra capacitada.
- Adquiridas: são aquelas causadas ao longo da vida útil da edificação e são geradas a partir da ação de intempéries, da ação humana, de agentes químicos, entre outros.
- Acidentais: são caracterizadas por fenômenos atípicos, tais como solicitações incomuns, recalques na estrutura, incêndios dentre outros.

As patologias não são ocasionadas, somente, por um fator, mas pela integração de vários. Campante (2008) afirma que algumas das patologias ocasionadas em revestimentos cerâmicos, pode ser originadas pela falta de um bom planejamento na fase de projeto, ou pela falta de orientação e compreensão da mão de obra na hora da execução do sistema. Além desses fatores, outra causa importante é a interação de um desses problemas citados, com ações físicas, que a fachada é exposta.

O revestimento externo é a parte que mais sofre com agentes degradantes do meio ambiente, como as chuvas, ação da temperatura e às tensões que a edificação está sujeita (BAUER, *ET AL*., 2015).

Alguns defeitos são somente estéticos enquanto outros, representam um sério risco para a segurança de pessoas e bens. Outro grande problema resultante destas patologias tem sido a redução na adoção do tipo de sistema de revestimento cerâmico, com a busca de materiais alternativos que ofereçam apelo visual e desempenho funcional similares (MANSURA, *ET AL*., 2012)

É importante se ter um estudo mais aprimorado nessa área, pois existem muitas causas que precisam ser descobertas para haver assim, um aprimoramento na execução e elaboração de sistemas de revestimentos externos cerâmicos. Medeiros e Sabbatini (1999) enfatizam que as patologias de revestimentos cerâmicos de fachadas são difíceis de recuperar e requerem para isso custos elevados, trazendo assim, prejuízos às construtoras e aos proprietários das edificações.

Destacam ainda, que muitas vezes, quando elas manifestam-se visualmente, já há comprometimento da integridade do sistema, aumentando ainda mais o gasto de recuperação da estrutura, que pode até mesmo, superar os gastos da execução original. Sendo assim, demonstramos a ideia de Campante (2008), que relata, ser de extrema importância considerar os níveis em que os problemas ocorrem, dividindo-se em três níveis de observação: 1°) vendo suas possíveis causas; 2°) vendo sua natureza; e 3°) analisando sua origem.

É importante se ter em mente e enfatizar, que existem muitas patologias de revestimentos argamassados, que é de extrema relevância compreender para assim entender as manifestações patológicas dos sistemas de revestimentos cerâmicos. Muitas das manifestações patológicas dos revestimentos cerâmicos são originadas pelas patologias já ocasionadas no revestimento argamassado. Nesse sentido abordaremos, no Quadro 7 a seguir, algumas patologias apresentadas nos revestimentos argamassados em fachadas, conforme Silva (2007).

Quadro 7 - Patologias revestimentos argamassados em fachadas

Manifestação patológica	Efeitos	Causas prováveis
Eflorescência	- Manchas de umidade. - Pó branco, acumulação sobre a superfície.	- Umidade constante. - Sais solúveis nas alvenarias e água de assentamento.
Bolor (fungos, algas, etc.)	- Manchas esverdeadas, avermelhadas ou escuras. - Desagregação do revestimento.	- Umidade constante. - Área não exposta ao sol.
Descolamento do reboco com empolamento	- Descolamento do emboço formando bolhas. - Reboco com som cavo.	- Infiltração de umidade. - Hidratação retardada do MgO (hidróxido de magnésio).
Fissuras Mapeadas	- Forma variada e em toda a superfície.	- Retração da argamassa de base.
Fissuras Horizontais	- Ao longo da parede. - Descolamento do revestimento com som cavo.	- Expansão da argamassa por hidratação retardada do MgO. - Expansão da argamassa por reação cimento-sulfatos ou de argilo-minerais nos agregados.
Descolamento do reboco em placas	- Placa endurecida quebrando com dificuldade. - Som cavo. - Placa endurecida e desagregando-se.	- Placas frequentes de mica na camada interior. - Argamassa muito rica ou espessa. - Superfície com substâncias hidrófugas. - Falta de aderência da superfície. - Argamassa magra. - Ausência de chapisco.
Vesículas	- Empolamento da pintura. - Bolhas com umidade.	- Hidratação retardada da CaO (hidróxido de cálcio/cor branca). - Pirita ou matéria orgânica na areia (cor escura.) - Concentrações ferruginosas na areia. - Aplicação prematura de tinta impermeável.

Fonte: Adaptada de Silva,2007.

Para finalizar Campante (2008) relata, que dentre as patologias dos revestimentos cerâmicos, encontram-se: os desplacamentos, as trincas, gretamento e fissuras, deterioração das juntas e as eflorescências, que serão abordadas com maior detalhe e explicações a seguir, pois o trabalho em questão trata com mais ênfase os revestimentos cerâmicos em fachadas.

2.3.1 Desplacamento

Desplacamentos ou descolamentos são caracterizados pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato, ou da argamassa colante, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre a placa cerâmica e argamassa colante e/ou emboço (BAUER, *ET AL*., 2015). Na Figura 9, está representada a patologia desplacamento em uma edificação.

Figura 9 - Patologia desplacamento de placas cerâmicas

Fonte: Hayrton, 2019.

Oleare (2015) destaca que um dos principais sinais dessa manifestação patológica é a ocorrência de um som cavo (oco) nas placas cerâmicas assentadas, ocorrendo o descolamento, se repercutidas em algumas peças. Outro fator importante de se analisar é o estufamento das placas e ausência de rejuntes, que caracteriza também, um futuro descolamento. Geralmente, a ocorrência dessa patologia é mais

vista, nos primeiros e últimos andares das edificações, devido ao maior grau de tensões encontrados nesses locais (CAMPANTE, 2008).

De um modo geral, segundo Recena (2012), essa patologia ocorre geralmente em prédios relativamente novos, entre oito a dez anos de idade, embora aconteça em construções até mais novas.

Pezzato (2010) complementa, que as causas desse problema são variadas, como: instabilidade do suporte, devido à acomodação do edifício como um todo; fluência da estrutura de concreto; variações de temperatura e higrotérmicas; características pouco resistentes dos rejuntes; utilização da argamassa colante com tempo em aberto vencido; assentamento sobre superfície contaminada; e negligência ou imperícia da mão-de-obra na execução.

Para prevenir essa patologia, um importante passo a ser feito, além de corrigir os problemas citados anteriormente, é evitar a colocação do revestimento cerâmico logo após a construção da superfície suporte, evitando assim as retrações que podem acontecer com as futuras tensões dessa estrutura (CAMPANTE, 2008)

Campante (2008) salienta ainda, que a recuperação dessa manifestação patológica é trabalhosa e, consequentemente, onerosa, exigindo uma boa investigação da real causa.

2.3.2 Fissuras, trincas e gretamento

De acordo com a NBR 13755:2017 fissura é o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocada por tensões normais ou tangenciais. Elas podem se classificar em ativas ou passivas.

Já as trincas, a mesma norma se refere como sendo uma expressão coloquial qualitativa, referente às fissuras com aberturas maiores ou iguais a 6mm.

A NBR 9575:2010 classifica ainda, de um modo geral, as aberturas entre 0,50 mm e 1,00 mm como trincas, as aberturas entre 0,05 mm a 0,50 mm como fissuras e, as menores que 0,05 mm como microfissura ou gretamento.

Campante (2008) afirma que essas patologias, aparecem em revestimentos cerâmicos de fachadas, por apresentarem perda de integridade da superfície da placa cerâmica, que pode ficar limitada a defeitos estéticos ou até mesmo levar ao aparecimento de outras patologias, como os destacamentos e eflorescências.

Ele conceitua ainda, que as fissuras são aberturas intermediárias às trincas, que não causam ruptura total da placa cerâmica. Já as trincas são rachaduras que aparecem no corpo do material cerâmico, provocadas por esforços mecânicos. E os gretamentos são aberturas, semelhantes a arranhões que se encontram no corpo da cerâmica.

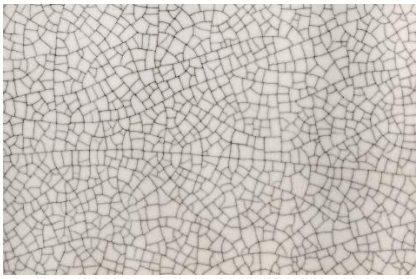
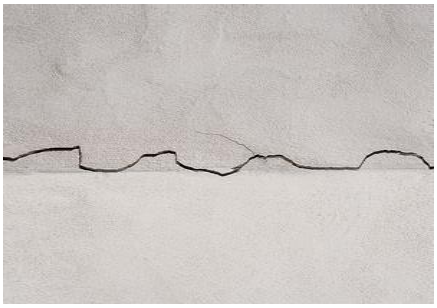
As causas dessas manifestações patológicas são variadas, e dentre elas se destacam: a dilatação e retração das placas cerâmicas em relação a variação da umidade e temperatura, deformação estrutural excessiva, ausência de detalhes construtivos, retração da argamassa de fixação, entre outras (CAMPANTE, 2008).

Como já especificado na *Quadro 7* anteriormente, as fissuras e trincas não se apresentam somente nos revestimentos cerâmicos, mas também na estrutura de alvenaria e de concreto das construções. Podem se encontrar na intersecção de paredes; perto de aberturas, pela ausência de vergas e contravergas; no meio dos panos das fachadas; entre outros lugares. As causas dessas fissuras e trincas são variadas, desde problemas estruturais, mal planejamento de projetos até problemas nas fundações da construção (ANTUNES, 2010).

Essas patologias se encontram, assim como o descolamento, nos primeiros e últimos andares de edifícios. Tendo, na maioria das vezes, dificuldades de serem diagnosticadas, pela falta de informações do projeto estrutural e pela falta de especificação dos traços das argamassas utilizadas. Nesse sentido, como já citado, essas patologias são ocasionadas por falhas de projeto, execução e/ou planejamento (PEZZATO, 2010).

A seguir está representada no Quadro 8, as patologias fissuras, trincas e gretamento das placas cerâmicas.

Quadro 8 - Patologia gretamento, fissura e trinca

	GRETAMENTO
	FISSURA
	TRINCA

Fonte: Autora, 2019.

2.3.3 Deterioração das juntas

A deterioração das juntas é um problema, que além de afetar diretamente as argamassas de preenchimento das juntas de movimentação e de assentamento, prejudica o desempenho global da edificação, principalmente nas fachadas, pois esses componentes são responsáveis pela estanqueidade e capacidade de absorver deformações dos revestimentos cerâmicos (CAMPANTE, 2008).

Ribeiro (2006) relata que as principais causas responsáveis por gerar essa patologia, são: deficiência de projeto e de especificação das juntas; escolha incorreta do selante; aplicação do selante sobre superfícies contaminadas; não observância das indicações para aplicação do selante; falta de utilização de *primers*; ocorrência de movimentações não previstas e envelhecimento do material de preenchimento. Outro

principal fator causador dessa patologia é a forma de limpeza, feita logo após sua execução, que, muitas vezes, degradam esses componentes.

Campante (2008) acrescenta, que o envelhecimento do material de preenchimento das juntas de assentamento não são causadores de problemas, pois são compostos por cimento, que tem grande durabilidade. O grande problema são com as juntas de movimentações que são preenchidas com selantes, que apresentam prazo de vida determinado, sem contar que sofrem deterioração causadas por microrganismos, sendo necessária sua inspeção.

Vale ressaltar que essa patologia é encontrada também nos revestimentos argamassados, mas somente nas juntas de trabalho, pois os revestimentos argamassados não apresentam juntas de assentamento e de movimentação

Essa patologia além de ser altamente prejudicial por si só, pode gerar outras manifestações, como a eflorescência, pois possibilita a entrada da umidade. Para sua prevenção é indicado se tomar precauções e cuidados com os referidos problemas citados acima. A seguir está apresentado na Figura 10 a deterioração de uma junta de assentamento.

Figura 10 - Patologia deterioração de junta de assentamento

Fonte: Galletto e Andrello, 2013.

2.3.4 Eflorescência

É uma patologia comumente visualizada e que acometem, constantemente, os revestimentos cerâmicos e, como já citado anteriormente, os revestimentos argamassados.

Por ser uma patologia com grande enfoque no presente trabalho, será abordada em um tópico diferente, para assim detalhá-la e abordá-la com maior precisão e riqueza de informações.

2.4 Definição e mecanismos para a formação da eflorescência

Neste tópico será explicado com mais detalhe a patologia eflorescência, dando ênfase nas reações químicas responsáveis pela sua formação.

2.4.1 Definição da patologia eflorescência

De acordo com Oliveira (2012) eflorescência é uma patologia construtiva com aparência antiestética, onde depósitos cristalinos de cor esbranquiçada surgem na superfície de estruturas cimentícias e/ou de revestimentos, devido à coexistência de: água, sais solúveis em água e condições ambientais e de estrutura que proporcionem a percolação da água no material e sua evaporação. Na Figura 11 está representada a eflorescência, tanto em uma estrutura cimentícia, quanto em revestimentos.

Figura 11 - Patologia eflorescência

Fonte: Salles Neto, 2010.

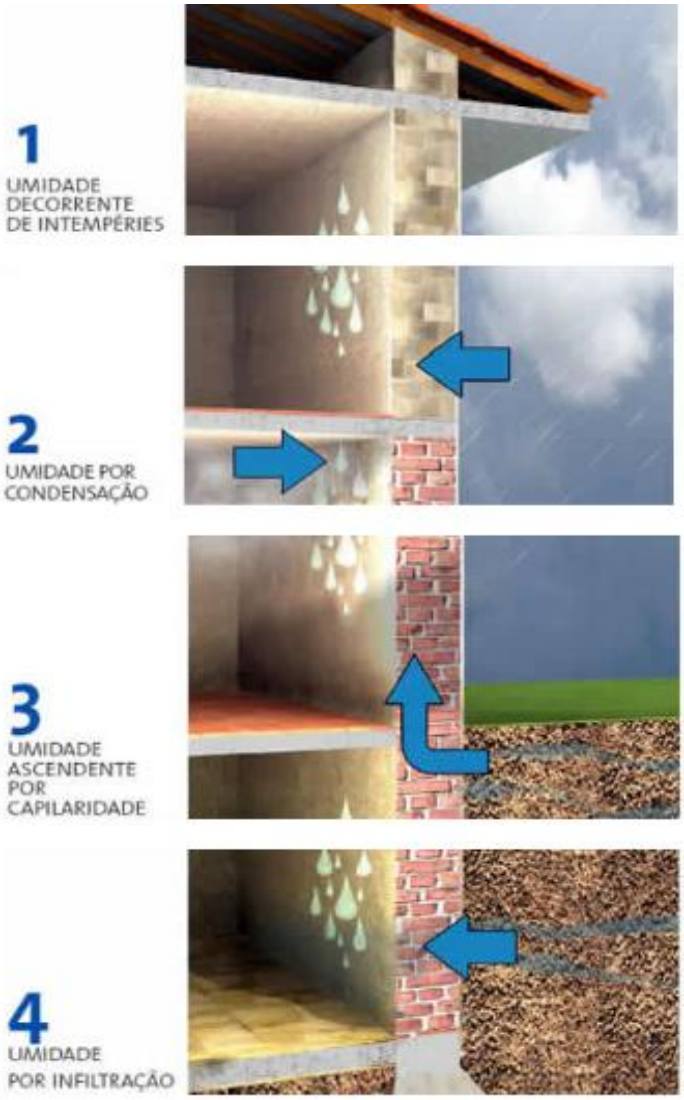
Os principais sais causadores da eflorescência, segundo Granato (2005), podem ser de diversos tipos, como sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio). Os depósitos cristalinos, responsáveis pela patologia em questão, acontecem quando esses sais, provenientes do solo, ar, água e das matérias primas dos elementos que compõem a construção, são transportados pela água, que é proveniente por diferentes maneiras, através dos poros dos componentes da estrutura, até que a solução aquosa chegue a superfície do elemento em questão, e se solidifique por estar em contato com o ar (OLIVEIRA, 2012).

Nesse sentido, para que seja possível o aparecimento dessa patologia, é necessário que exista a presença de todos os fatores, citados anteriormente. Caso um desses três itens deixam de existir não é possível o aparecimento da eflorescência. (SANTOS E SILVA FILHO, 2008)

Granato (2005) ressalta, que a eflorescência é considerada como um dano, por alterar a aparência do elemento onde se deposita. Há casos em que seus sais constituintes podem ser agressivos e causar degradação profunda, prejudicando até mesmo a aderência dos revestimentos. A modificação no aspecto visual é intensa onde há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre as quais estes se encontram.

Sendo assim, como já mencionado, um dos grandes problemas para o aparecimento dessa patologia é a umidade. Com isso, é importante destacar as diferentes formas, que podem gerar o aparecimento da umidade nos materiais de construção e edificações. Dentre os mecanismos se destacam os relacionados à absorção capilar de água; absorção de água de infiltração ou de fluxo superficial; absorção higroscópica de água; absorção de água por condensação capilar (LUCENA, 2017). Nesse sentido, será apresentado na Figura 12 a representação de alguns tipos de umidade e sua forma de ocorrência de acordo com a localização da construção.

Figura 12 - Tipos de umidades e seus locais de propagação



Infiltração decorrente da água da chuva, que penetra diretamente pela fachada ou cobertura do edifício, em consequência de uma impermeabilização deficiente.

É produzida quando o vapor de água existente no interior de um ambiente entra em contato com uma superfície mais frias, formando pequenas gotas de água.

Àquela que aparece nas áreas inferiores das paredes, que absorve a água do solo através da fundação. Pode ser permanente ou sazonal.

Àquela causada pela penetração direta da água no interior dos edifícios através de suas paredes. É muito frequente em subsolos que se encontram abaixo do lençol freático.

Fonte: Adaptada de Faz fácil, 2019.

Linhares (2012) complementa que uma das principais umidades que causam o aparecimento da eflorescência são as umidades ascensionais e higroscópicas. Ele define a umidade higroscópica, como sendo a capacidade de um material seco reter umidade em seus poros, quando colocado em um ambiente úmido. Puim (2010) acrescenta que esse processo de atrair a umidade é denominado “adsorção”. A umidade adsorvida fica retida na superfície interior dos poros, formando-se uma camada de moléculas (de água) que aumenta de espessura em função do aumento da umidade relativa do ar ambiente

Um outro fator que possibilita a patologia em questão é o modo que a umidade se transporta dentro de um componente. Para isso acontecer, o material deve ser constituído de poros, que são vazios que compõem diversos tipos de materiais da construção civil. Esses poros podem estar apresentados nos componentes, de duas formas: encontrando-se interligados (porosidade aberta), ou isolados (porosidade fechada). A porosidade aberta permite a migração de umidade no estado líquido ou de vapor, sendo a que possibilita o surgimento da eflorescência (PUIM, 2010).

É importante ressaltar que a patologia em questão não se apresenta somente na cor esbranquiçada, mas também em cores amarronzadas, pois ela varia conforme o tipo de sal que a originou, podendo ocorrer em pontos específicos de forma concentrada ou generalizada (LUZ, 2004). Em ambiente que a umidade presente é constante, como porões, ou em materiais que apresentam sais de difícil secagem, esses não chegam a se cristalizar, e a eflorescência vai aparecer em forma de “gel” (SANTOS E SILVA FILHO, 2008).

Segundo Ahmad e Rahman (2010) é essencial possuirmos um bom entendimento dos fatores que provocam as patologias, principalmente eflorescência, e compreender que é necessário manutenções prediais, para prevenir os problemas em questão. É imprescindível ter um controle da qualidade dos produtos utilizados na obra, tanto nas matérias primas que compõem o concreto e argamassa, quanto nos revestimentos utilizados. Menezes *et al*. (2006) complementa que a formação de eflorescências em peças cerâmicas é um fenômeno que por atuar sempre em detrimento à qualidade dos produtos cerâmicos, preocupa muito tanto os fabricantes como os construtores, tendo grande valia, a análise de suas características quimicamente.

2.4.2 Mecanismos de formação da eflorescência

Embora seja claro como a eflorescência ocorre, as reações químicas envolvidas podem ser bastante complexas e nem todas são conhecidas ou explicadas. Contudo, o resultado final de sua ação é visível, mas nem sempre onde ocorre seu aparecimento, indica seu local de origem, pois como já explicado, os sais são transportados por lixiviação, e assim afloram em lugares afastados do ponto de ocorrência do problema (JUNGINGER, 2003). Com isso, é de extrema importância, compreender o comportamento dos sais dissolvidos, suas reações e a forma que geram a patologia eflorescência.

Segundo Ahmad e Rahman (2010), existem vários tipos de sais que causam a referida manifestação patológica, dentre eles cloreto de sódio, carbonatos, nitratos e sulfatos de cálcio, magnésio, potássio, sulfato de sódio e cloreto de magnésio. No Quadro 9, conforme Junginger (2003), é apresentado os principais sais envolvidos no fenômeno eflorescência.

Quadro 9 - Sais envolvidos no fenômeno eflorescência

Composição Química	Fonte provável	Solubilidade
Sulfato de Potássio - K_2SO_4	− reação entre elementos da cerâmica e do cimento; − agregados; − água de amassamento. A hidratação ocorre aproximadamente aos 32,5 °C e quadruplica a volume ocupado pelo sal.	Muito solúveis
Sulfato de Sódio (sal de Glauber) - Na_2SO_4 Sulfato de Sódio hidratado $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$		
Exemplo do aparecimento dos sulfatos alcalinos $CaSO_4 + 2 \left\{ \begin{matrix} NaOH \\ KOH \end{matrix} \right. \rightarrow \left\{ \begin{matrix} Na_2SO_4 + Ca(OH)_2 \\ K_2SO_4 + Ca(OH)_2 \end{matrix} \right.$ Componente cerâmico — Hidróxidos alcalinos do cimento — Sulfatos alcalinos (eflorescência)		

Fonte: Adaptado de Junginger, 2003.

Quadro 9 - Sais envolvidos no fenômeno eflorescência (continuação)

Carbonato de Potássio- K_2CO_3	− carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis.	Muito solúveis
Carbonato de Sódio − Na_2CO_3 Bicarbonato de Sódio- $NaHCO_3$		
Cloreto de Potássio − KCl	− limpeza com ácido muriático.	Muito solúveis
Cloreto de Sódio − NaCl	− contaminação com água do mar.	Muito solúveis
Nitrato de Potássio − KNO_3	− a presença de nitratos geralmente indica contaminação com elementos de solo adubado, rico em nitrogênio.	Muito solúveis
Nitrato de Sódio − $NaNO_3$		
Nitrato de Amônia − NH_4NO_3		
Carbonato de Cálcio − $CaCO_3$	− carbonatação de cal lixiviada da argamassa ou concreto e de argamassa de cal não carbonatada. Formação semelhante às estalactites.	Pouco solúveis
Carbonatação de Magnésio − $MgCO_3$	− carbonatação de cal lixiviada de argamssas de cal não carbonatada.	
Hidróxido de Cálcio − $Ca(OH)_2$	− cal liberada nas reações de hidratação do cimento	Solúvel
Sulfato de Cálcio desidratado - $CaSO_4$	− componentes cerâmicos; − água de amassamento.	Parcialmente Solúvel
Sulfato de Cálcio dihidratado - $CaSO_4 . 2H_2O'$	− hidratação do sulfato de cálcio de componentes cerâmicos (reações expansivas). − água de amassamento.	Parcialmente Solúvel
Sulfato de Magnésio (sal de Epsom) − $MgSO_4$	− tijolo, bloco; − água de amassamento.	Solúvel
Cloreto de Cálcio − $CaCl_2$	− limpeza com ácido muriático; − água de amassamento.	Muito solúveis
Cloreto de Magnésio − $MgCl_2$	− água de amassamento.	
Nitrato de Amônia − NH_4NO_3	− solo adubado ou contaminado.	
Cloreto de Alumínio − $AlCl_3$	− limpeza com ácido muriático.	Solúvel
Cloreto de Ferro − $FeCl_3$		
Fe_2O_3 ou $Fe(OH)_3$	− contato com materiais verrosos.	Insolúveis
Manganês (sulfatos e cloretos)	− dissolução de compostos de manganês por ácidos fracos.	
Vanádio ($VOSO_4$ ou $VOCl_2$)	− matária - prima dos produtos de argila; − limpeza com ácido.	
A infiltração de cloro pode provocar a dissolução de Vanádio, dando origem a eflorescência verdes ou amareladas. Por sua vez, tentativas de limpeza podem fazer com que elas sofram alterações, se tomem marrons e de limpeza ainda mais difícil.		

Fonte: Adaptado de Junginger, 2003.

Dentre tantos sais, um dos principais responsáveis pela formação da eflorescência é o carbonato de cálcio. Esse sal faz parte de um importante componente da construção civil, considerado a principal matéria prima dessa área, o cimento Portland. Para haver a instauração da eflorescência com relação a esse sal, é necessário ocorrer a formação do hidróxido de cálcio pela hidratação do cimento, tornando a reação a base carbonato de cálcio secundária. Conforme a Equação 1 e 2, a reação dos silicatos presentes no cimento (C3S e C2S), formam cristais de C-S-H e liberam hidróxido de cálcio na solução (CASCUDO e CARASEK, 2014).

$$2(3CaO.SiO_2)+6H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O+3Ca(OH)_2 \quad (1)$$

$$2(2CaO.SiO2)+4H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O+Ca(OH)_2 \quad (2)$$

De acordo com Aberle *et al*. (2007), a eflorescência ocorre quando este hidróxido de cálcio presente nos poros da matriz cimentícia se dissolve em água. Havendo a evaporação desta água, este composto é trazido para a superfície da estrutura, entrando em contato com ácido carbônico, originado pela reação do gás carbônico do ar com a água. Com isso, a cabonatação ocorre posteriormente, como forma de neutralização entre o ácido carbônico e o hidróxido de cálcio, formando um sal insolúvel e de difícil remoção, o carbonato de cálcio. Quando ocorre a solubilidade desse sal em água, outros sais se precipitam. Nas Equações 3 e 4 são descritas essas reações.

$$H_2O+ CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \quad (3)$$

$$Ca(OH)_2+ H_2CO_3 \rightarrow Ca(CO)_3 + 2H_2O \quad (4)$$

Compilando as ideias de Chwast *et al*. (2015) e Ahmad e Rahman (2010), vimos que outro fator importante na formação da eflorescência é a presença de sulfato de cálcio (gesso). Esse composto é utilizado para auxiliar no processo de pega do concreto. Inicialmente este sal reage com o C3A do cimento formando primeiramente etringita e, posteriormente, monossulfato. Portanto, essas duas substâncias são insolúveis em condições normais. Mas, com a carbonatação e, consequentemente,

com a redução do PH, ocorre a decomposição destes elementos novamente em gesso e outros compostos. O monossulfato é mais instável e mais propenso a este fenômeno de decomposição do que a etringita. Porém o fenômeno de carbonatação é lento, comparado à outras reações.

As eflorescências à base de sulfatos, ocorrem com mais frequência em materiais argilosos, como blocos cerâmicos, e de materiais de origem externa, como solos. Entretanto, por serem solúveis, não apresentam um grande impacto estético à estrutura, pois com o tempo podem desaparecer com a lixiviação da água (JUNGINGER,2003).

Junginger (2003) ressalta ainda, que pela patologia eflorescência envolver uma grande quantidade de sais e, por seu comportamento ser influenciado pela temperatura, PH, água, concentração, dentre outros fatores, é difícil antever o aparecimento da mesma. Com isso, como já explanado anteriormente, é preciso, para que a patologia não ocorra, a ausência de sais solúveis e/ou água.

Como qualquer material e matéria prima, não só da construção civil, mas de toda a Terra, apresentam em suas composições sais, seria de forma impossível evitar esses componentes na construção, optando por eliminar, como uma alternativa mais viável e de fácil alcance, a infiltração de água na estrutura. Porém, em muitos casos essa possibilidade é, muitas vezes, impossível de ocorrer. Lucena (2017), acrescenta que há tempo se estuda a formação de cristais, formados por sais em meios porosos, porém muitas dessas interações não foram compreendidas para achar possíveis soluções.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem por principal característica, determinar um modo de execução de revestimento externo aderido, com foco no material de revestimento porcelanato, que minimize o aparecimento da patologia eflorescência. Com isso, foram realizados estudos experimentais, por meio de análises de protótipos de fachadas, onde consistiu na aplicação de porcelanatos, com dimensão 20x120cm (retificado) e 15x90cm (*bold*), com juntas de assentamento em variadas espessuras, para assim avaliar o desempenho do sistema com relação ao aparecimento da referida manifestação patológica.

O rejuntamento foi executado de duas formas, sendo uma da forma tradicional e a outra por uma técnica desenvolvida pela autora do presente trabalho, para facilitar a aplicação do material, e para que essa parte do sistema apresente um bom comportamento. Nesse sentido, a pesquisa é caracterizada por ser do tipo descritiva, de natureza quantitativa, onde se embasa por meio de pesquisas bibliográficas, através de normas regulamentadoras, que especificaram a maioria dos ensaios que foram realizados, e por meio de estudos de manuais de fabricantes de porcelanatos, em que se constatou suas recomendações.

Nessa fase do trabalho, na metodologia, foi estabelecido os tipos de amostras e materiais de análise, foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, ensaio de verificação da profundidade do rejunte, nas diferentes espessuras de aplicação da junta de assentamento, ensaios de arrancamento e ensaio de permeabilidade.

O trabalho também foi desenvolvido por meio de visitas à obras da região, que possuem porcelanato aderido em suas fachadas e apresentam patologias em geral, mas, principalmente, a patologia eflorescência.

Dessa maneira, com estes diferentes tipos de verificações e estudos, foi possível se ter resultados referente às amostras e protótipos estudados, e assim, ter-se noção de seus comportamentos e desempenhos, que permitiu posterior tabulação e constatações de dados.

3.1 Visitas à obras

Como já mencionado, foram realizadas visitas à obras da região que apresentam em suas fachadas porcelanato aderido e, possuem a manifestação patológica eflorescência. Visitou-se três obras, sendo duas localizadas em Porto Alegre e uma em Santa Cruz do Sul.

Para melhor organização de levantamento de dados e observação, elaborou-se um *check list*, em que se incluiu tópicos de extrema importância de análise, sendo aplicado nas visitas em campo. Com isso, foram analisados métodos de execução dos diferentes tipos de materiais que compõem variadas etapas de um sistema de revestimento de fachadas externas, para assim se ter uma conclusão dos erros e falhas de construções e, dos materiais constituintes das mesmas.

3.2 Protótipos de paredes e seus respectivos ensaios

Como o trabalho tem como foco principal a verificação dos motivos do aparecimento da manifestação patológica eflorescência, em revestimentos externos de fachadas com porcelanato aderido, foram feitos protótipos de fachadas, para assim aplicar diferentes métodos de execução do sistema.

Esses protótipos consistiram em seis paredes de dimensão 1,20 X 1,20m, construídas em alvenaria, em que foi aplicado chapisco, reboco, revestimento porcelanato e rejuntamento das juntas de assentamento.

O chapisco foi a primeira camada a ser aplicada na parede, com argamassa com traço 1:3 (cimento: areia média – grossa, em volume). Um mês após a aplicação do chapisco, realizou-se a aplicação do reboco, feito de argamassa industrializada para reboco grosso, específica para revestimento externo.

Por fim, após um mês concluído o reboco, foi realizada a aplicação dos porcelanatos com dimensão 20x120cm (retificado) e 15x90cm (*bold*), sendo cada tipo colocado em faces diferente da parede, para ter uma melhor organização na posterior coleta de dados de ensaios a ser realizados. Os porcelanatos foram fixados com argamassa colante do tipo ACIII que é estabelecida para revestimentos externos, conforme NBR 13755:2017, própria para aplicação de porcelanatos em fachadas.

É importante ressaltar, que foi escolhido aplicar dois tipos diferentes do material porcelanato, *bold* e retificado, para assim analisar qual se mostraria mais eficiente no

sistema, pois esses dois tipos de materiais são distinguidos pelo modo de apresentação de suas bordas, que interferem diretamente na elaboração da junta de assentamento e aplicação do rejunte.

Todas as camadas foram aplicadas, seguindo as indicações e prazos estabelecidos pelos fabricantes e normas, principalmente no que diz respeito a dosagem e cura dos materiais. Na Figura 13 está representado os protótipos das paredes, desde sua configuração inicial, somente a alvenaria, até a configuração final, com o revestimento porcelanato aplicado.

Figura 13 - Protótipos de paredes nas suas diferentes fases de construção

Fonte: Autora, 2019.

Ao analisar catálogos de fabricantes, verificou-se indicações de diferentes espessuras de juntas de assentamento para o material porcelanato, registrado conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Espessura de juntas conforme o tipo do porcelanato

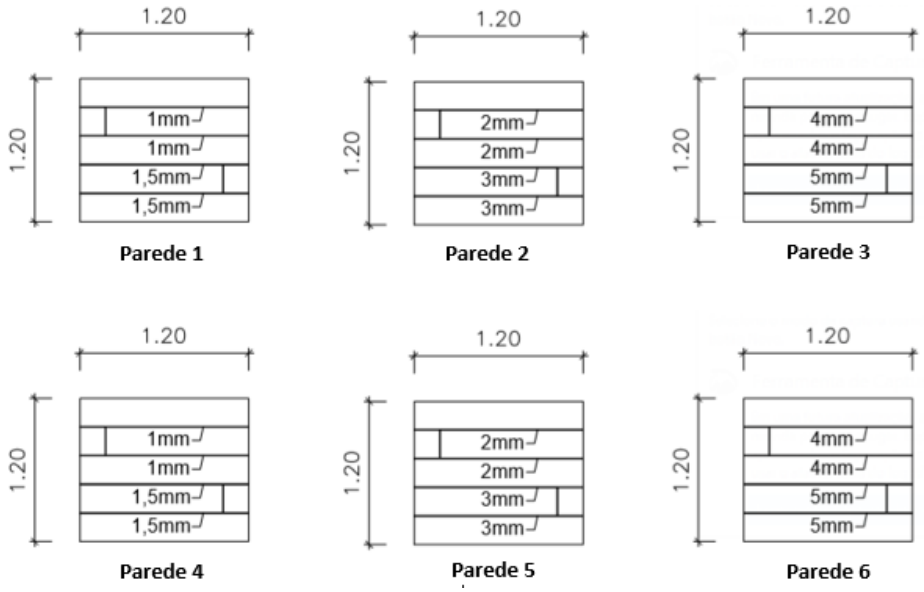
PRODUTOS	JUNTA MÍNIMA
Monoporosa Retificada (BIII)	1,0 mm
Monoporosa Bold (BIII)	1,5 mm
Porcelanato Retificado (Bia)	1,5 mm
Porcelanato Bold (Bia)	3,0 mm
Semiporoso (BIIb)	3,0 mm
Grês (BIb)	Conforme a tabela

Fonte: Portobello, 2019.

Foram aplicados dois tipos do material porcelanato aos protótipos das paredes, com cinco diferentes espessuras de juntas de assentamento, sendo elas: 1,0mm, 1,5mm, 2,0mm, 3,0mm, 4,0mm e 5,0mm. É importante mencionar que em cada espessura de junta foi apresentada quatro amostras para cada tipo de porcelanato. Para elaboração de cada junta, foi usado espaçadores que equivaliam às espessuras das juntas que se queria preparar. Vale lembrar, que a elaboração dos diferentes tipos de juntas, teve por finalidade avaliar o desempenho da junta de assentamento no sistema, para assim ver qual melhor opção se apresenta mais eficiente.

Na Figura 14 está registrado a disposição das diferentes juntas nos protótipos, lembrando que a paginação dos porcelanatos foi diferente para cada tipo utilizado (*bold* e retificado), pois os mesmos possuem medidas distintas, enfatizando no desenho a seguir, somente, a disposição das juntas de assentamento.

Figura 14 - Layout da disposição das juntas de assentamento nos protótipos das paredes

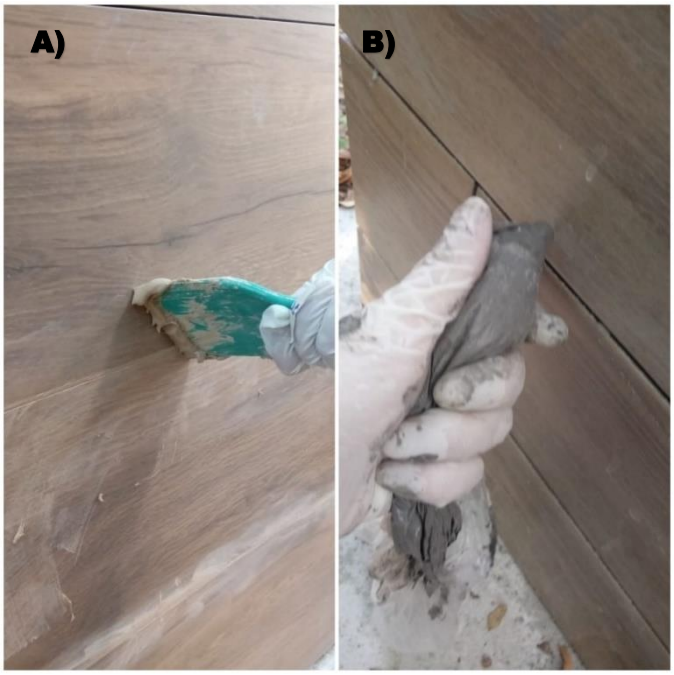


Fonte: Autora, 2020.

Contudo, é importante ressaltar, que para os porcelanatos retificados e *bold*, com as dimensões usadas e citadas anteriormente, os catálogos de fabricantes indicam uma espessura de junta de assentamento de 1,5mm e 3mm, respectivamente.

Após 14 dias da aplicação do porcelanato, realizou-se a aplicação do rejuntamento, que se prosseguiu de duas formas, uma de maneira tradicional, e a outra por um método desenvolvido pela autora do trabalho. O método desenvolvido pela autora, consistiu na aplicação do produto através de um dispositivo, bisnaga de saco de plástico, que facilitou o emprego do material. Na Figura 15, está registrado os dois modos de aplicação do rejuntamento, respectivamente.

Figura 15 - Modos de aplicação do rejuntamento: a) tradicional; b) desenvolvido pela autora



Fonte: Autora, 2020.

Nesse sentido, foram estudadas 48 amostras de juntas de assentamento, com variadas formas de aplicação e execução do revestimento externo, com porcelanato aderido, contribuindo no levantamento de dados e conclusões que foram tomadas posteriormente aos ensaios.

3.2.1 Ensaios realizados com os protótipos das paredes

Os ensaios realizados foram: ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte, ensaio de arrancamento e ensaio de permeabilidade, explicados posteriormente em subitens.

3.2.1.1 Ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte

O presente ensaio não apresenta norma regulamentadora que especifique seu procedimento. O ensaio consistiu em verificar a profundidade da argamassa de rejuntamento que foi aplicada nas juntas de assentamento, entre as placas de porcelanato.

Como as placas de porcelanato foram assentadas com diferentes espessuras de juntas de assentamento, assim como já explicado anteriormente, foram verificadas através de analise visual a que profundidade a argamassa de rejuntamento chegou, nessas diferentes espessuras de juntas.

O processo se constituiu pelo corte de parte do revestimento, na localização da referida junta e, assim analisado se o preenchimento se encontrava de forma correta, ou seja, se toda espessura e profundidade da fenda estava preenchida por completo com a argamassa utilizada. Caso não estivesse, utilizou-se paquímetro para medir a profundidade que se apresentava sem a argamassa de rejuntamento, concluindo assim qual a melhor espessura de junta que possibilitou o preenchimento por inteiro, através da referida argamassa. Na Figura 16 visualiza-se os processos citados anteriormente, desde o corte do revestimento até a medição da parte da junta onde não apresentava argamassa.

Figura 16 – Etapas do ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte

Fonte: Autora, 2020.

3.2.1.2 Determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos com placas assentadas com argamassa colante

O presente ensaio é determinado e regido pelo anexo A da NBR 13755:2017, onde especifica a aparelhagem e procedimentos para a realização do experimento. Dentre os aparelhos especificados se encontram o equipamento de tração, ou seja, um dinamômetro de tração que permite aplicação contínua de carga para o arrancamento da amostra; pastilha metálica e cola do tipo epóxi, conforme Figura 17.

Figura 17 – Aparelhos utilizados para o ensaio de arrancamento

Fonte: Autora, 2020.

Para a realização do ensaio deve-se ter atenção para as amostras se encontrarem secas, a pelo menos 12h, pois a umidade interfere nos valores e na variabilidade dos resultados, caso contrário, verificar a umidade do sistema. O local a ser ensaiado deve estar concluído a pelo menos 28 dias, e os corpos-de-prova não podem ser posicionados a menos de 15 cm de quina, requadros de janelas e tubulações.

O primeiro passo a ser seguido para o início do ensaio foi analisar as superfícies das paredes onde as placas metálicas iam ser coladas, pois essas deviam se apresentar integras, sem fissuras e limpas, não prejudicando assim, a aderência da placa metálica com a parede. Inicialmente, fez-se o corte das amostras, doze em cada face da parede, conforme recomendado por norma, o que visualiza-se na Figura 18.

Figura 18 – Amostras demarcadas e seccionadas para o ensaio de arrancamento

Fonte: Autora, 2020.

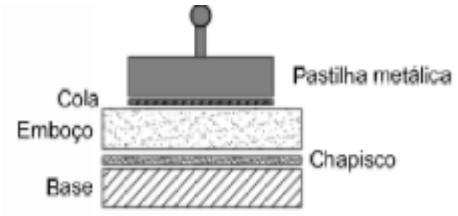
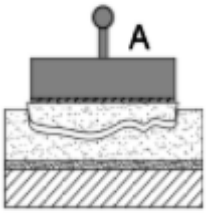
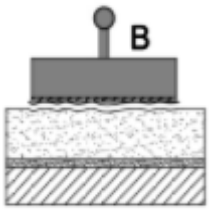
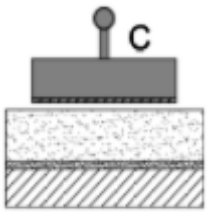
Após realizar os cortes, foi lixada cada placa metálica, para preparar as suas superfícies, deixando-as mais rugosas, para assim facilitar a aderência das mesmas com a parede. Foi passado cola na placa e onde estava feito o corte, aderindo assim as placas metálicas, para posteriormente realização do arrancamento da amostra, ajustando-a em movimentos circulares até se ver o extravasamento da cola. Na Figura 19 é possível ver as placas metálicas aderidas na parede.

Figura 19 – Fixação placas metálicas para ensaio de arrancamento

Fonte: Autora, 2020.

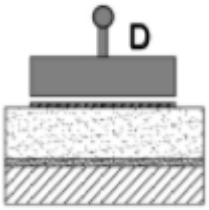
Após a cura da cola, realizou-se o ensaio de tração. Com o aparelho calibrado foi aplicado a tração na pastilha e se anotou a carga de ruptura de cada corpo-de-prova e registrou a seção onde ocorreu esta, sendo expresso no Quadro 11 a seguir os tipos de ruptura.

Quadro 11 - Formas de ruptura do ensaio de arrancamento

Formas de ruptura do corpo-de-prova	
	
	A) Ruptura no interior do emboço.
	B) Ruptura da superfície do emboço.
	C) Ruptura na interface cola/substrato.

Fonte: NBR 13755:2017.

Quadro 12 - Formas de ruptura do ensaio de arranchamento (continuação)

	D) Ruptura da interface pastilha metálica/cola.

Fonte: NBR 13755:2017

Na Figura 20 visualiza-se o ensaio de tração e a forma de ruptura de um dos corpos-de-prova.

Figura 20 – Realização do ensaio de arrancamento

Fonte: Autora, 2020.

Pelos protótipos de paredes estarem situados em local úmido, com pouca incidência de sol, e por um dia antes do ensaio ter ocorrido chuva, calculou-se para uma das amostras extraídas de cada parede, sua porcentagem de umidade, para assim, se ter um parâmetro de quanto a parede estava saturada.

É valido ressaltar que em cada face da parede foram ensaiados doze corpos-de-prova, constituindo um total de 72 amostras para o revestimento porcelanato tipo retificado e, 60 amostras para o revestimento porcelanato *bold,* sendo feito o ensaio a quatro meses após as paredes estarem por completamente concluídas.

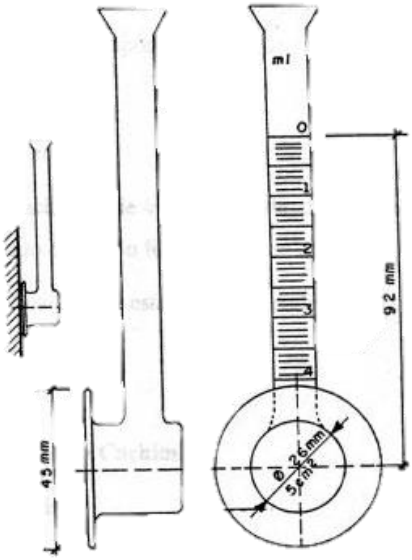
3.2.1.3 Ensaio de permeabilidade – Método do Cachimbo

O ensaio de permeabilidade à água líquida se baseou na norma RILEM n° II.4: 1987, que visa determinar a capacidade de absorção de água de um revestimento durante um certo período de tempo utilizando o método do cachimbo.

O ensaio pelo método do cachimbo tem por objetivo fornecer um meio simples para medir a taxa na qual a água se move através de materiais porosos. A norma relata que o teste pode ser realizado no local ou no laboratório e pode ser usado para medir a água vertical ou horizontal de transporte. As medições feitas no local (ou em amostras removidas para testes de laboratório), podem ser utilizadas para avaliar o grau de alteração devido ao desgaste pelo qual o material foi submetido. O método de teste II.4 (cachimbo) também pode ser usado para mostrar um nível de alteração na porosidade superficial fornecida por um tratamento repelente à água.

Para realização do ensaio é necessário se ter um equipamento que mede a absorção de água à baixa pressão em superfícies verticais, chamado cachimbo. Na Figura 21 está ilustrado o aparelho, que é um dispositivo de vidro em forma de “L”, graduado em ml, com uma borda plana e circular no fundo, a qual possibilita a fixação do mesmo em superfícies verticais. O diâmetro do cachimbo é de 26 mm, sua área de teste é de aproximadamente 5 cm² e o cachimbo é graduado a cada 0,1mm, de 0,0 a 4,0 ml.

Figura 21 – Dispositivo cachimbo



Fonte: RILEM II.4: 1987.

Para dar início ao presente ensaio, com objetivo de determinar a absorção de água entre as juntas de assentamento entre os porcelanatos executadas com diferentes espessuras nas paredes construídas, foi usado dez dispositivos (cachimbos), aplicando cada um em uma junta, constituindo assim quatro leituras para cada espessura de junta. Além do dispositivo cachimbo, para a realização do experimento foi necessário se ter em mãos uma bisnaga de água, cronômetro e silicone, onde estão representados na Figura 22.

Figura 22 – Materiais utilizados para realização do ensaio de permeabilidade

Fonte: Autora, 2020.

O silicone foi colocado ao redor da superfície inferior do cachimbo, tendo o cuidado para que o mesmo possibilitasse a fixação e vedação do dispositivo na parede, sem vazar a água e, a atenção para que a película do silicone não invadisse a seção interna do instrumento, interferindo assim na leitura. Na Figura 23 está ilustrado a aplicação do silicone no cachimbo.

Figura 23 – Aplicação do silicone no cachimbo

Fonte: Autora, 2020.

Após fixado o cachimbo, alinhou-o, deixando o mesmo no prumo, e preencheu-se o tubo do dispositivo até a graduação zero com água, realizando posteriores leituras nos instantes 1 min (ponto zero), 15 min, 30min, 60 min e 90 min, registrando as respectivas leituras e valores encontrados. Na Figura 24, visualiza-se os cachimbos fixados nas paredes entre as juntas de assentamento do porcelanato.

Figura 24 – Cachimbos fixados na superfície, entre juntas de assentamento do porcelanato

Fonte: Autora, 2020.

Vale ressaltar que os ensaios foram realizados em dois dias, onde a temperatura se encontrava em média 15 °C e umidade relativa do ar em torno de 60%, e as paredes se encontravam revestidas a 90 dias.

3.3 Caracterização dos materiais

Com os materiais: argamassa colante, porcelanato e argamassa de rejuntamento, utilizados na elaboração dos protótipos de paredes, realizou-se ensaios de caracterização, que serão descritos a seguir.

3.3.1 Argamassa Colante

A argamassa colante utilizada, seguindo as recomendações da NBR 14081 – 1:2012, foi a argamassa do tipo III, ACIII, registrada na Figura 25.

Figura 25 - Argamassa colante utilizada na elaboração dos protótipos de revestimento de porcelanato

Fonte: Autora, 2020.

Com a referida argamassa foram executados ensaios de resistência de aderência à tração, tempo em aberto, deslizamento e densidade de massa aparente, onde serão explicados a seguir.

3.3.1.1 Resistência de aderência à tração

A determinação do ensaio de resistência de aderência à tração da argamassa colante é padronizado pela NBR 14081 – 4:2012. Para dar início aos procedimentos do mesmo, foi necessário, primeiramente, preparar a argamassa colante. O preparo

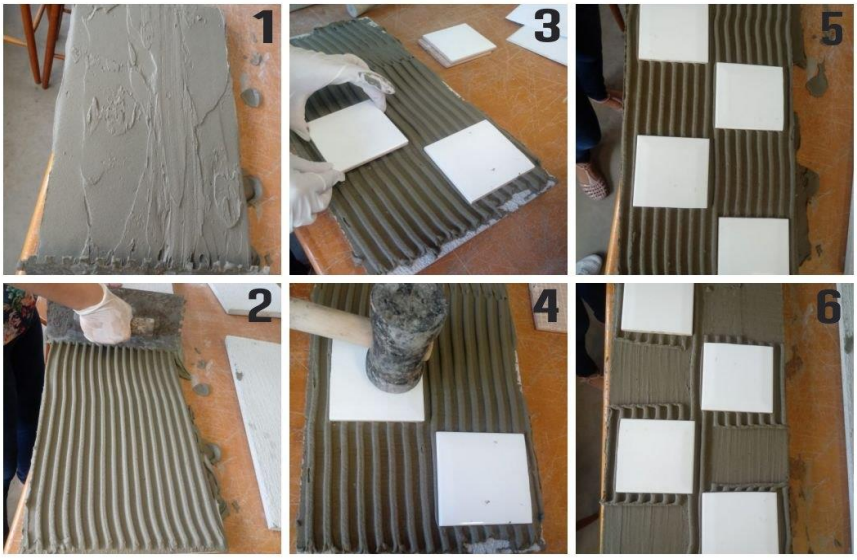
deste material é estabelecido pela NBR 14081 – 2:2012, onde se seguiu todos os passos indicados.

É importante ressaltar que para o preparo da argamassa colante, foi utilizado 2,5 Kg de argamassa e 550g de água de amassamento. A massa da água de amassamento foi calculada com base na indicação do fabricante, em que para 2,5Kg de argamassa colante, precisou-se de 550g de água.

Após a argamassa colante preparada, partiu-se então para a elaboração das etapas do ensaio de aderência à tração da mesma. Primeiramente, espalhou-se este material em direção longitudinal sobre o substrato-padrão (conforme descrito na seção 8, da NBR 14081-2:2012), acionando-se o cronômetro, assim que concluída essa etapa. Transcorridos 5 minutos, posicionou-se quatro placas cerâmica quadradas do tipo BIIa, com 100mm de aresta, em cada substrato-padrão. As placas foram separadas entre si a, aproximadamente, 50mm e, 25mm de distância entre suas arestas e a borda mais próxima do substrato-padrão.

Para o ensaio é necessário dez placas cerâmicas fixadas no substrato-padrão, o que totalizou três substratos-padrão, sendo dois com três placas cerâmicas e um com quatro placas. Para melhor computação dos dados e certeza dos resultados foi feito a aplicação de mais dez placas cerâmicas, com mesma argamassa, só que produzida em outro instante da anterior, totalizando vinte placas cerâmicas para realização do ensaio de tração. Na Figura 26 está demostrado os passos realizados no ensaio de aderência à tração da argamassa colante.

Figura 26 - Etapas de realização do ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: Autora, 2020.

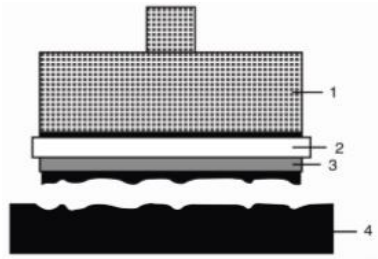
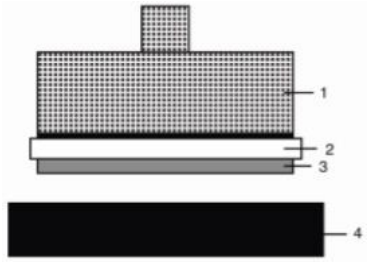
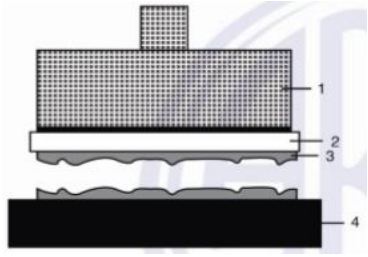
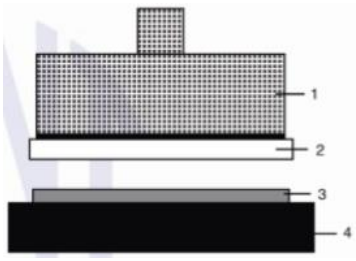
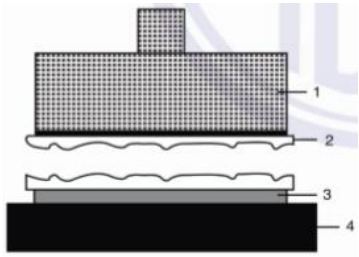
Após concluído os processos anteriormente citados, armazenou-se o conjunto fabricado na posição horizontal a pelo menos 24h. O ensaio de arrancamento foi executado no 60° dia após o posicionamento das placas cerâmicas, sendo que 72h antes do ensaio, foi necessário a colagem de uma peça metálica de arrancamento sobre cada peça cerâmica, utilizando adesivo, como demonstrado na Figura 27.

Figura 27 – Pastilha metálica coladas sobre as placas cerâmicas, para realização ensaio à tração

Fonte: Autora, 2020.

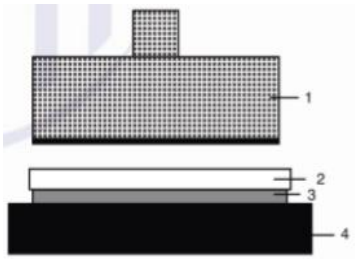
Fez-se o ensaio de arrancamento por tração manual, aplicando carga a uma velocidade uniforme de (250$\pm$50) N/s até a ruptura, anotando a carga máxima aplicada. Após, examinou-se cada placa cerâmica e se analisou cada tipo de ruptura ocasionado, tomando como base as situações expressas no Quadro 12, para assim expressar os resultados posteriormente.

Quadro 13 - Tipos de Ruptura

Tipos de Ruptura	Classificação
	Ruptura do Substrato (S)
	Ruptura na interface argamassa e substrato (S/A)
	Ruptura da camada de argamassa colante (A)
	Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (A/P)
	Ruptura da placa cerâmica (P)

Fonte: Adaptado de NBR 14081 – 4:2012.

Quadro 12 - Tipos de Ruptura (continuação)

	Falha na colagem da peça metálica (F)
OBS: Rupturas do tipo S, P, e F são desconsideradas para o presente ensaio.	

Fonte: Adaptado de NBR 14081 – 4:2012.

Na Figura 28, visualiza-se a configuração e características de algumas amostras extraídas no ensaio de arrancamento. Vale ressaltar, que grande parte das placas ensaiadas apresentaram ruptura do tipo A (ruptura da camada de argamassa colante), apresentando também ruptura do tipo S/A (ruptura na interface argamassa e substrato) e do tipo A/P (ruptura na interface argamassa e placa cerâmica), considerando todos resultados obtidos.

Figura 28 – Configuração da ruptura de placas cerâmicas submetidas ao ensaio à tração

Fonte: Autora, 2020.

3.3.1.2 Tempo em aberto

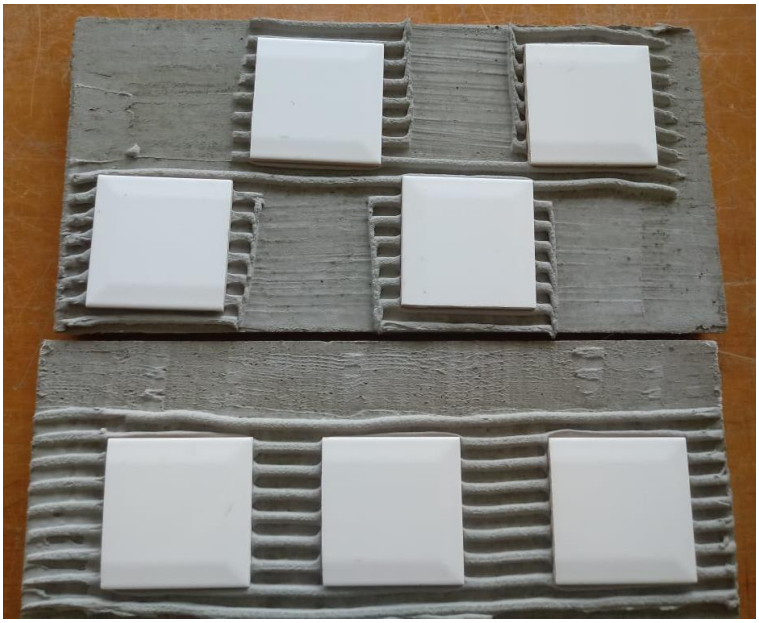
A norma que rege este ensaio é a NBR 14081 – 3:2012. O presente ensaio assemelha-se ao ensaio de resistência de aderência à tração, possuindo praticamente todas etapas do mesmo.

Assim como o ensaio de resistência à tração, o primeiro passo que foi dado para o início dos procedimentos, foi a elaboração da massa da argamassa colante, que se embasou na NBR 14081 – 2:2012, que regulamenta esse processo.

Com a argamassa pronta e espalhada no substrato padrão, aguardou-se 20min, para após, fixar-se as placas cerâmicas sobre a argamassa colante. Esse tempo de esperada de 20min é estipulado para argamassas do tipo ACIII, pois conforme a NBR 14081-1:2012, argamassas desse tipo, devem apresentar um tempo em aberto igual ou superior ao tempo citado. As placas cerâmicas apresentaram as mesmas características do experimento descrito anteriormente.

Para o ensaio foi colada dez placas cerâmicas em substratos-padrão diferentes, sendo um substrato-padrão com quatro placas e outros dois com três placas, conforme Figura 29. Para melhor computação de dados e contraprova, fez-se a fixação de mais dez placas, originando a assim, vinte amostras.

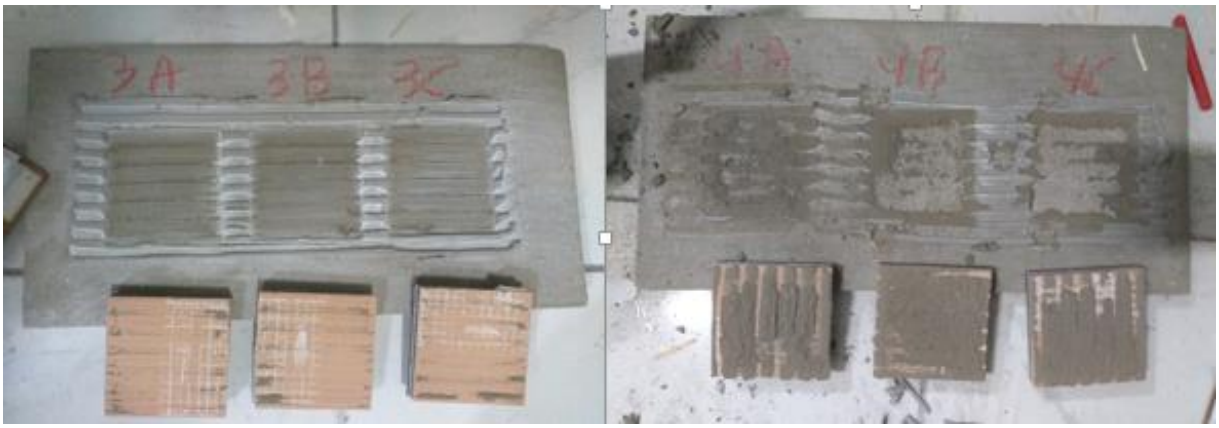
Figura 29 - Disposição das placas cerâmicas no substrato-padrão



Fonte: Autora, 2020.

Após 60 dias de cura do conjunto, realizou-se o ensaio de arrancamento por tração, registrando a carga máxima aplicada em cada amostra de cerâmica fixada nos substratos-padrão, e se registrou cada tipo de ruptura ocorrido, tendo como base o Quadro 12 do subitem de *Resistência de aderência à tração*. A seguir está demonstrado, na Figura 30, os tipos de ruptura ocasionados nas amostras.

Figura 30 - Configuração da ruptura de placas cerâmicas submetidas ao ensaio de tempo em aberto



Fonte: Autora, 2020.

Das vinte placas ensaiadas três da série 1 e sete da série 2, apresentaram carga zero, pois quando aplicado o esforço de tração, antes de computá-lo já rompeu a amostra, e todas rupturas foram do tipo A (ruptura da camada de argamassa colante), S/A (ruptura na interface argamassa e substrato) e A/P (ruptura na interface argamassa e placa cerâmica), considerando todos resultados obtidos.

3.3.1.3 Deslizamento

O ensaio de deslizamento que avalia a argamassa colante é padronizado pela NBR 14081 – 5:2012.

O ensaio consistiu em várias etapas, sendo que a primeira incidiu na fixação de uma régua metálica rígida contra a borda longitudinal do substrato-padrão, mediante dispositivos de fixação. Cuidou-se para que os lados da régua e do substrato ficassem coincidentes, e que fosse garantida a condição de horizontalidade da borda inferior da régua, quando o substrato-padrão fosse colocado na posição vertical.

Após realizado esse processo, colocou-se uma fita adesiva sobre o substrato-padrão, posicionando-a logo abaixo da régua metálica, com as bordas das duas

encostadas uma a outra, e imprimou-se o substrato-padrão com argamassa colante, preparada conforme indicações da NBR 14081 – 2:2012.

Com o substrato imprimado, prosseguiu-se com a formação dos cordões da argamassa com o lado denteado da desempenadeira, de forma a prestar atenção para que a argamassa se sobrepusesse ligeiramente à fita adesiva fixada e, para que os cordões ficassem perpendiculares à régua metálica. Na Figura 31 está demostrado a etapa descrita anteriormente.

Figura 31 - Substrato imprimado

Fonte: Autora, 2020.

Com os processos anteriores concluídos, retirou-se a fita adesiva e, imediatamente, posicionou dois espaçadores para cada placa cerâmica, separados aproximadamente 25 mm entre si e, encostados sobre a régua. Passados 2min da aplicação da argamassa, foram posicionadas três placas cerâmicas do tipo BIa, centralizadas nos cordões da argamassa, e contra os espaçadores. Na Figura 32 está expresso o conjunto elaborado para o ensaio.

Figura 32 – Conjunto elaborado para a realização do ensaio de deslizamento

Fonte: Autora, 2020.

Vale ressaltar que antes da colocação das placas cerâmicas no substrato, foi feito a marcação de pontos de leitura, para que garantisse que a leitura inicial e final do deslizamento nas placas cerâmicas, fossem feitas nos mesmos pontos.

Com as placas fixadas, o próximo passo foi retirar, cuidadosamente, os espaçadores e medir, com paquímetro, nos dois pontos marcados em cada placa, a distância (Li) entre a borda da placa cerâmica e a régua metálica.

A seguir, moveu-se suavemente o substrato-padrão, deixando-o na posição vertical. Decorridos 20min do posicionamento do substrato-padrão na vertical, retornou-o a posição horizontal, mediu-se novamente a separação, nos mesmos pares de pontos, leitura Lf e, registrou-se os valores, concluindo assim, o experimento.

3.3.1.4 Densidade da massa aparente em estado solto

A norma que determina o presente ensaio é a NBR 14086:2004. Para realização dos procedimentos do experimento, foi necessário se ter em mãos um recipiente metálico com diâmetro avaliado em 75,66 mm e uma altura de 86,35 mm, de tal modo que o volume calculado foi de 388 cm³, se adequando ao recipiente indicado pela norma; balança, régua metálica rígida de 30cm de comprimento e uma concha metálica.

A primeira etapa realizada, iniciou-se com a introdução de 1 kg de argamassa colante em um recipiente que tinha possibilidade de ser fechado, para assim agitá-la e desfazer possíveis turrões existentes.

Concluído o procedimento anterior, adotou-se outro recipiente e, determinou-se sua massa. Com o auxílio da concha, colocou-se a argamassa agitada no mesmo, enchendo-o, e se razou, com a régua, o excedente de argamassa colocado no recipiente, para que assim o mesmo ficasse cheio e sem excessos de argamassa colante. Em seguida, determinou-se a massa do recipiente com o conteúdo. Na Figura 33 está demonstrado, em ordem, as etapas de realização do presente ensaio.

Figura 33 - Etapas realizadas no ensaio de densidade de massa aparente em estado solto

Fonte: Autora, 2020.

3.3.2 Porcelanato

Foram utilizados dois tipos de porcelanatos, sendo eles *bold*, onde a borda da placa do porcelanato se apresenta de forma ‘arredondada’, e o retificado, em que a borda é apresentada de forma reta. O material utilizado possuía medidas 20x120cm (retificado) e 15x90cm (*bold)* e, se classifica no grupo BIa, conforme norma regulamentadora.

Com os porcelanatos foram realizados ensaios de absorção, determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão, onde serão explicados a seguir.

3.3.2.1 Determinação de absorção de água

O anexo B da NBR 13818:1997 especifica e regulamenta o presente ensaio. Para realização dos procedimentos é necessário possuir dez placas, constituindo um corpo-de-prova cada uma destas. Caso a área da placa for superior a 0,04 m², somente cinco placas inteiras devem ser utilizadas no ensaio. Sendo assim, para iniciar os procedimentos, escolheu-se cinco amostras de porcelanatos do tipo *Bold* e cinco do tipo retificado. Vale ressaltar que a norma orienta ainda, que para placas com lados maiores que 200mm, pode-se partir as mesmas em tamanhos menores, o que se optou em fazer para as amostras escolhidas.

O procedimento do ensaio foi iniciado com a secagem dos corpos-de-prova, que consistiu na armazenagem dos mesmos em estufa a uma temperatura de (110±5) °C, até que atingissem massa constante, sendo registrado na Figura 34.

Figura 34 - Corpos-de-prova sendo secos em estufa

Fonte: Autora, 2020.

Após secagem dos porcelanatos em estufa, esses foram armazenados no laboratório para serem resfriados, até atingirem temperatura ambiente. Com a temperatura ambiente atingida, determinou-se a massa de cada amostra. Na Figura 35 é possível ver a etapa de verificação de temperatura dos corpos-de-prova e a pesagem dos mesmos.

Figura 35 – Verificação temperatura porcelanatos

Fonte: Autora, 2020.

Com as etapas anteriores concluídas, foi realizado o processo de saturação das placas, em que se ferveu as peças de porcelanato por duas horas em um determinado recipiente com água, conforme Figura 36. Passadas as duas horas de fervura, resfriou as peças de porcelanato, até atingir o equilíbrio de temperatura, secou-as e as pesou, obtendo-se desta forma a massa do material saturado.

Figura 36 – Porcelanatos imersos em água fervente

Fonte: Autora, 2020.

3.3.2.2 Determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão

O presente ensaio é especificado no anexo C da NBR 13818:1997, em que determina a aparelhagem para realização do mesmo e os procedimentos a serem seguidos.

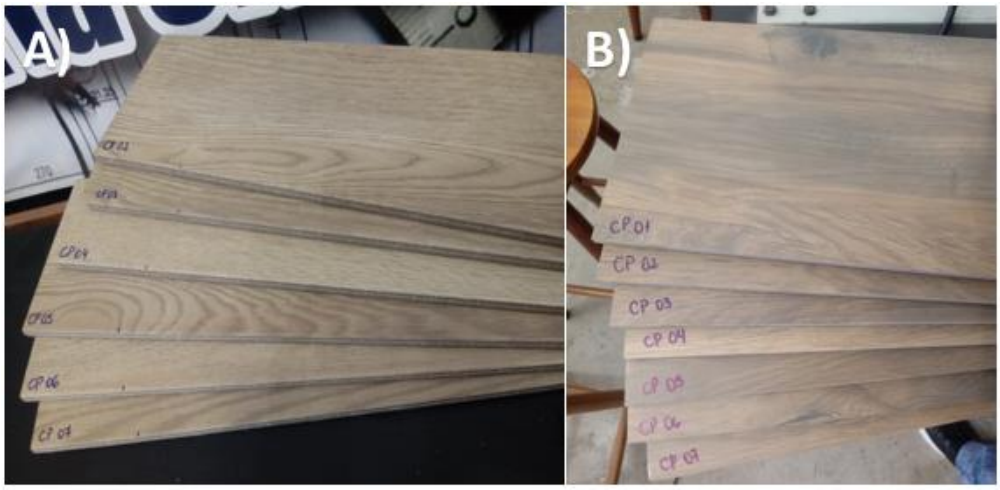
A aparelhagem consiste em uma estufa capaz de manter a temperatura entre (110±5) °C, medidor de força com resolução de 2%, apoios metálicos cilíndricos e barra cilíndrica central. Na Figura 37 está representada a máquina, modelo DL 30000N, onde foi realizado os ensaios de flexão dos porcelanatos.

Figura 37 - Máquina Modelo DL 30000N, onde realizou-se o ensaio de flexão dos porcelanatos

Fonte: Autora, 2020.

Para realização do ensaio a norma recomenda que para placas com comprimento acima de 48 mm, deve-se possuir sete corpos-de prova. Sendo assim, foi escolhido sete placas de porcelanato do tipo *bold* e, sete placas de porcelanato do tipo retificado, totalizando em 14 amostras. Na Figura 38 é possível visualizar as amostras das placas de porcelanatos.

Figura 38 – Amostras porcelanato *bold* (A) e retificado (B)



Fonte: Autora, 2020.

O procedimento teve início com o corte das placas dos porcelanatos a serem ensaiados, pois como as placas apresentam grandes dimensões, acima de 300mm de comprimento, as mesmas foram cortadas em um tamanho de 50 cm, que possibilitou a configuração correta sobre os apoios quando ensaiadas, permitindo assim, a saliência de 10mm fora dos mesmos, conforme recomendado por norma.

Posteriormente, as peças foram limpas, secas em estufa e submetidas ao procedimento de determinação das cargas de ruptura e módulo de resistência à flexão. Na Figura 39 está representado um dos corpos-de-prova submetidos ao ensaio de flexão.

Figura 39 – Ensaio flexão porcelanatos

Fonte: Autora, 2020.

3.3.3 Argamassa para rejuntamento

A argamassa para rejuntamento que foi utilizada, foi uma argamassa industrializada do tipo II, conforme visualiza-se na Figura 40. Para a dosagem e preparo da argamassa, seguiu-se a recomendação do fabricante, que nada mais é que a junção do conteúdo da carga mineral mais o conteúdo da resina líquida, que vem prontos para a mistura quando se adquire essa argamassa.

Para caracterizá-la, fez-se ensaios de determinação de retenção de água, ensaio de determinação da variação dimensional, ensaio de determinação da resistência à compressão, ensaio de determinação da resistência à tração na flexão, ensaio de determinação de água por capilaridade e ensaio de determinação de permeabilidade.

Figura 40 - Argamassa de rejuntamento utilizada nos ensaios

Fonte: Autora, 2020.

3.3.3.1 Determinação de retenção de água

Este ensaio é prescrito pelo anexo B da NBR 14992:2003, que determina os procedimentos e equipamento para realização do experimento.

O primeiro procedimento consistiu no preparo da mistura, conforme visualiza-se na Figura 41 a seguir.

Figura 41 – Preparo argamassa de rejuntamento

Fonte: Autora, 2020.

Com a argamassa pronta, prosseguiu-se com a moldagem do corpo-de-prova, em que preencheu-se o mesmo de argamassa, pressionando o material com uma espátula, de forma a garantir que não ficasse vazios entre a argamassa e a parede do recipiente.

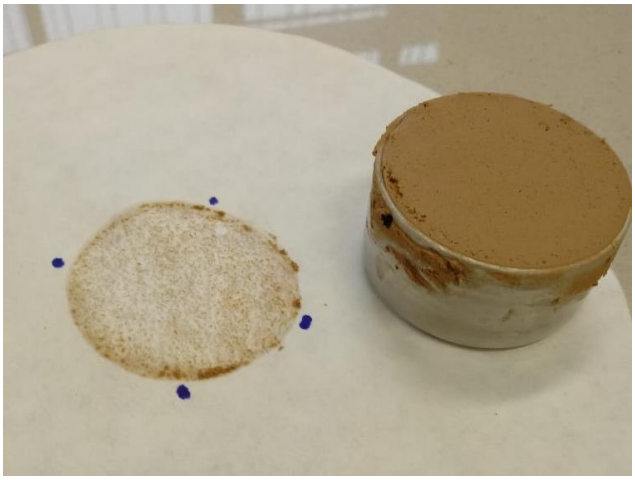
Em seguida, foi colocado um disco de papel filtro sobre uma placa de vidro limpa e seca e, posicionou o recipiente preenchido de argamassa de boca para baixo, no centro do papel, acionando imediatamente o cronômetro. Na Figura 42 é possível ver a configuração do referido ensaio.

Figura 42- Ensaio determinação retenção de água argamassa de rejuntamento

Fonte: Autora, 2020.

Transcorridos 10 min após o cronômetro acionado, delimitou-se o perímetro da mancha de umidade do papel-filtro, com auxílio de caneta, para verificar quanto de água havia sido absorvida pelo papel filtro (Figura 43).

Figura 43 – Absorção de água por papel filtro, após 10 minutos



Fonte: Autora, 2020.

Mediante ao emprego de um paquímetro, determinou-se a medida do diâmetro delimitado pela umidade migrada ao papel-filtro e, registrou-os.

3.3.3.2 Determinação da variação dimensional

O presente ensaio foi elaborado e seguido conforme o anexo C da NBR 14992:2003. Para dar início a realização do ensaio de determinação da variação dimensional foi necessário elaborar a argamassa de rejuntamento, seguindo as indicações do fabricante, e preparar os corpos-de-prova. Com isso, foi preciso se ter em mãos formas metálicas com seção quadrada de 25 mm e 250mm de comprimento e espátula metálica.

No primeiro momento, para a moldagem dos corpos-de-prova foi necessário preparar as formas, em que consistiu nas mesmas serem untadas com óleo. É importante pontuar, que essa etapa é indispensável, pois permite que a mistura de argamassa não se grude no molde, e consequentemente, contribua na desforma do corpo-de-prova.

Com as formas devidamente preparadas e argamassa de rejuntamento pronta, colocou-se a mistura da massa de rejunte nos moldes untados, em três camadas, adensando cada camada com 25 golpes, através do auxílio de uma espátula,

permitindo assim, um bom adensamento à argamassa. Na Figura 44 é possível ver as formas preenchidas com a argamassa.

Figura 44 - Elaboração dos corpos-de-prova

Fonte: Autora, 2020.

Feitos os corpos-de-prova, manteve-se os mesmos em repouso por 48h, realizando-se a desforma. Esses foram mantidos no laboratório, em ambiente com temperatura e umidade relativa adequada, e medidos após 24h e 168h da desmoldagem (Figura 45). Vale salientar que foram produzidos cinco corpos-de-prova, conforme demostrado na Figura 46 a seguir.

Figura 45 - Medição dos corpos-de-prova

Fonte: Autora, 2020.

Figura 46 - Corpos-de-prova concluídos e numerados

Fonte: Autora, 2020.

3.3.3.3 Determinação da resistência à tração na flexão

O presente ensaio é estabelecido e descrito pelo anexo E da NBR 14992:2003. A preparação da massa de rejuntamento, das formas, a moldagem dos corpos-de-prova e o processo de cura, tiveram as mesmas etapas de elaboração que o ensaio descrito anteriormente, utilizando-se os mesmos corpos-de-prova.

Após a medição dos moldes para se ter os resultados do ensaio de variação dimensional, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração à flexão. Sendo assim, os mesmos passaram por um teste, em uma máquina de ensaio classe II, onde, individualmente, foram colocados sobre apoios distanciados a mais ou menos 230 mm, originando um vão livre, e submetidos a um esforço exercido por a mesma máquina no centro do referido vão. Com isso, foi codificado a curva de carga X deformação e registrado a carga de ruptura de cada corpo-de-prova ensaiado.

3.2.3.4 Determinação da resistência à compressão

O ensaio de determinação da resistência à compressão é especificado pelo anexo D da NBR 14992:2003. Para a realização do presente ensaio foi necessário se ter em mãos alguns equipamentos, tais como: a máquina de compressão classe II, formas cilíndricas com diâmetro interno de 50mm e altura de 100mm, paquímetro, espátula metálica e soquete metálico.

Para dar início ao ensaio foi preciso, primeiramente, preparar as formas, aplicando uma camada de óleo na superfície das mesmas. Com esse processo pronto, preparou-se a massa da argamassa de rejuntamento, conforme indicado pelo fabricante, e colocou-a nas formas em três camadas de altura aproximadamente iguais, sendo necessário adensar essas camadas com 25 golpes, com o auxílio do soquete. Foram elaborados cinco corpos-de-prova, conforme Figura 47.

Figura 47- Corpos-de-prova elaborados para o ensaio de resistência à compressão

Fonte: Autora, 2020.

Após os corpos-de-prova preparados, conservou-os por 48h nas formas, em ambiente com temperatura e umidade equilibrada, desenformando-os quando transcorrido o tempo mencionado anteriormente.

Passados 15 dias de cura dos moldes, desde sua preparação, realizou-se o capeamento e a ruptura dos mesmos, registrando as respectivas cargas.

3.3.3.5 Determinação da absorção de água por capilaridade

O ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade é estabelecido pelo anexo F da NBR 14992:2003. O procedimento de início, para elaboração do mesmo, foi caracterizado pela preparação das formas, da mistura, moldagem dos corpos-de-prova e condições de cura, onde foram iguais aos referidos processos do ensaio descrito anteriormente. A diferença a ser considerada, é que no processo de cura, após a desmoldagem das formas, os corpos-de-prova permaneceram em aguardo até o dia do ensaio, aos 110 dias de idade.

Para dar início a realização do experimento foi necessário se ter três corpos-de-prova, conforme mostrado na Figura 48 a seguir.

Figura 48 - Corpos-de-prova concluídos para execução do ensaio de absorção de água por capilaridade

Fonte: Autora, 2020.

Após realizado os processos anteriores, elaboração dos moldes e tempo de cura concluído, foi preciso determinar a massa dos corpo-de-prova ao ar e secá-lo em estufa à temperatura de (105±5) °C, durante no mínimo 24h, até constância de massa, conforme visualiza-se na Figura 49.

Figura 49 – CPs ensaio capilaridade rejunte na estufa para secagem

Fonte: Autora, 2020.

Concluída a etapa anterior, tirou os moldes da estufa, resfriou-os ao ar e determinou suas massas secas, pesando os mesmos em uma balança.

Com a massa dos corpos-de-prova secos determinada, o próximo passo seguido, foi determinar a massa dos corpos-de-prova saturados em água. Para a realização do procedimento de absorção de água pelos moldes, foi necessário imergir as faces superiores dos corpos-de-prova, parcialmente, em água, em um recipiente instalado em ambiente com temperatura constante. Na Figura 50 está representado a etapa do ensaio descrita anteriormente.

Figura 50 – Imersão em água de CPs de rejunte, ensaio capilaridade

Fonte: Autora, 2020.

Durante o experimento, determinou-se a massa dos corpos-de-prova, a intervalos de 60 min, contados a partir da colocação destes em contato com a água, até completar 300min, conforme recomendado em norma.

3.3.3.6 Determinação de permeabilidade

O ensaio de determinação de permeabilidade é realizado e especificado de acordo com anexo G da NBR 14992:2003.

O processo de preparo das formas e massa, moldagem dos corpos-de-prova e processo de cura, assemelham-se com as mesmas etapas dos ensaios anteriores citados, apresentando pequenas mudança onde são descritos no anexo G da mesma norma, referida acima.

A norma recomenda que para cada amostra deverão ser ensaiados no mínimo três corpos-de-prova, sendo assim foram feitos quatro corpos-de-prova, para ter uma maior garantia e precisão do resultado. Na Figura 51 estão representados os mesmos.

Figura 51 - Corpos-de-prova do ensaio de determinação de permeabilidade

Fonte: Autora, 2020.

Com os corpos-de-prova em mãos, afixou-se sobre a face de cada um, a coluna de vidro, mediante um selante apropriado. No mesmo instante, afixou-se também uma coluna de vidro sobre uma placa de vidro, para servir de testemunho. O processo está expresso na Figura 52 a seguir.

Figura 52 – Configuração do ensaio de permeabilidade para argamassa de rejuntamento

Fonte: Autora, 2020.

Após concluído a etapa anterior, introduziu-se água destilada em no máximo 10s nos tubos de vidro até a graduação zero, registrando a hora de início de medição e as alturas aos 60 min, 120 min, 180 min e 240 min dos dois tubos.

3.4 Técnicas e instrumentos de análise de dados

Com os dados dos experimentos em mãos, foram realizados os cálculos pertinentes para a tabulação e comparação dos resultados. Os ensaios que são regidos por normas foram verificados conforme padrão de cálculos determinado pelas mesmas. Já para aqueles que não tem norma regulamentadora, foram realizados cálculos adequados para os resultados obtidos.

a) Ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte

No ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte, verificou-se visualmente as juntas que não se apresentavam preenchidas com argamassa. Com isso, mediu-se com paquímetro a parte sem preenchimento e registrou as respectivas medidas. Para a aceitação do referido ensaio é necessário que toda junta esteja preenchida por completo com a argamassa de rejuntamento.

b) Determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos com placas assentadas com argamassa colante

Para calcular a resistência superficial do corpo-de-prova, se dividiu a carga de ruptura, em Newtons, por a área da pastilha, em mm². Com a resistência superficial calculada, e com cada tipo de ruptura que ocorreu no corpo-de-prova anotado, prosseguiu-se com o cálculo da porcentagem de umidade de uma das amostras extraídas da parede, conforme Equação 5 a seguir.

$$\mathrm{TU} = \frac{\mathrm{m2} - \mathrm{m1}}{\mathrm{m1}} * 100 \qquad (5)$$

Onde TU é o teor de umidade da amostra, m2 é a massa da amostra saturada e m1 é a massa da amostra seca.

Para aceitação dos resultados da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos com placas assentadas com argamassa colante, a NBR 13755:2017 especifica os seguintes resultados, expressos no Quadro 13 a seguir.

Quadro 14 – Resistência de aderência – Requisitos e critérios de aceitação do sistema de revestimento

Ensaio	Amostragem Mínima	Resultado do Ensaio (MPa)	Comentários
Resistência Superficial	12 CP a cada 2000 m²	Pelo menos oito CP ≥ 0,5	Aprovado
		0,3 ≤ oito CP < 0,5	Consultar responsável pelo projeto
		Menos de oito CP ≥ 0,3	Reprovado
Aderência das placas ao emboço	12 CP a cada 2000 m²	Pelo menos oito CP ≥ 0,5	Aprovado
		0,3 ≤ oito CP < 0,5	Consultar responsável pelo projeto
		Menos de oito CP ≥ 0,3	Reprovado

Fonte: Adaptado de NBR 13755:2017.

c) Ensaio de permeabilidade – Método do Cachimbo

Para obtenção dos resultados de permeabilidade pelo Método do Cachimbo, foi necessário ver quanto de água que penetrou na parede, analisando assim, quanto de água baixou na coluna do dispositivo. Pois, toda água que diminuiu na coluna, infiltrou na parede.

d) Resistência de aderência à tração para argamassa colante

Para se chegar aos resultados do referido ensaio, foi necessário calcular a tensão de ruptura, conforme Equação 6.

$$ft = \frac{T}{A} \quad (6)$$

Sendo que ft é a tensão de ruptura em megapascals; T é a força de ruptura em newtons e A é a área de placa em mm².

Calculada a tensão de ruptura inicial de cada placa cerâmica, determinou-se a tensão média de ruptura por tração correspondente a cada série assentada, sem arredondamento, e desconsiderando os resultados obtidos com ruptura dos tipo S, P e F, demostrados no *Quadro 12.*

A norma recomenda que para médias iguais ou superior a 0,30MPa, descartar todos resultados que se distanciarem mais de 20% da média. Já para médias inferiores a 0,30MPa, descartar os resultados que se distanciarem da média mais que 0,06 MPa.

No Quadro 14 está expresso os requisitos para aceitação da argamassa do tipo ACIII, para o referido ensaio.

Quadro 15 - Requisitos para aceitação da argamassa referente resistência de aderência à tração

Requisitos	Unidade	ACIII
Resistência de aderência à tração aos 28 dias	MPa	≥ 1,0

Fonte: Adaptado de NBR 14081 – 4:2012.

e) Tempo em aberto para argamassa colante

Os resultados do ensaio de tempo em aberto da argamassa colante foram expressos pelo cálculo da tensão de ruptura, conforme demostrado na Equação 6 acima.

Para aceitação do resultado a norma especifica mesma recomendação que para o ensaio de resistência à tração. E se restarem cinco ou mais resultados a média final é a tensão de ruptura do ensaio, que deve ser comparado com 0,5MPa. Se o valor obtido for igual ou superior a 0,5MPa, o tempo em aberto da argamassa colante industrializada ensaiada é maior ou igual ao tempo para o qual o ensaio foi realizado. Já se o valor obtido for inferior a 0,5MPa, o tempo em aberto é inferior ao tempo em

aberto ensaiado, que é de 20mim para argamassa colante do tipo ACIII, expresso pela NBR 14081-1:2012 conforme o Quadro 15 a seguir.

Quadro 16 - Requisitos para aceitação da argamassa referente ao tempo em aberto

Requisitos	Unidade	ACIII
Tempo em aberto	min	≥ 20,00

Fonte: Adaptado de NBR 14081 – 4:2012.

f) Deslizamento para argamassa colante

O resultado do deslizamento (L) foi calculado com base na média das diferenças de posição entre as leituras finais (Lf) e iniciais (Li) realizadas no experimento, mediante Equação 7 a seguir.

$$L = \frac{\Sigma(Lf\text{-}Li)}{6} \tag{7}$$

g) Densidade da massa aparente em estado solto para argamassa colante

Para calcular a densidade da massa aparente (γs), em estado solto, fez-se a diferença entre a massa do recipiente com argamassa colante (M2) e a massa do recipiente sem o material (M1) e, dividiu-se pelo volume do recipiente (V) em cm³, conforme Equação 8 a seguir.

$$\gamma s = \frac{M2 - M1}{V} \tag{8}$$

h) Ensaio de absorção do porcelanato

Com todos dados do referido experimento em mãos, calcula-se a absorção de água, percentualmente, conforme Equação 9 a seguir. Onde m2 é a massa do corpo-de-prova saturado e m1 é a massa do corpo-de-prova seco.

$$\mathrm{Abs} = \frac{\mathrm{m2-m1}}{\mathrm{m1}}\ 100 \qquad (9)$$

A absorção de água é a média aritmética dos resultados para os corpos-de-prova ensaiados, expressa com uma decimal. O Quadro 16 representa os resultados limites para a aceitação dos valores obtidos no ensaio.

Tabela 17 - Valores limites para o ensaio de absorção de água

Características físicas	Unidades	Limites
Média	%	≤ 0,5
Individual (máx.)	%	0,6

Fonte: Adaptado de NBR 13818:1997.

i) Determinação da carga e módulo de resistência à flexão do porcelanato

Para calcular a carga de ruptura (CR) da placa de porcelanato, tomou-se como base o cálculo expresso conforme a Equação 10, em que F é a força aplicada no instante de ruptura do corpo-de-prova, L é a distância entre as barras de apoio em milímetros e b é a largura do corpo-de-prova em milímetros. A espessura é medida na seção de ruptura, excluídas as bordas da seção de ruptura.

$$\mathrm{CR} = (\mathrm{F} \times \mathrm{L})/\mathrm{b} \qquad (10)$$

Para determinar o módulo de resistência à flexão da placa, usou-se a Equação 11, em que emin é a mínima espessura do corpo-de-prova em milímetros.

$$\mathrm{MRF} = \frac{3\mathrm{F} \times \mathrm{L}}{2\mathrm{b} \times \mathrm{emin}^{\,2}} \qquad (11)$$

No Quadro 17 está demostrado a recomendação da NBR 13818:1997 para aceitação dos resultados.

Quadro 18 – Requisitos para aceitação do porcelanato referente à determinação da carga e módulo de resistência á flexão

Requisitos		Unidade	Limites
Módulo de Resistência à Flexão	Média	MPa	≥ 35,00
	Individual	MPa	32,00
Carga de Ruptura	e < 7,5 mm	N	≥700
	e ≥ 7,5 mm	N	≥ 1300

Fonte: Adaptado de NBR 13818:1997.

j) Determinação de retenção de água da argamassa de rejuntamento

Para se chegar no resultado do referido ensaio, a NBR 14992:2003 determina que deve-se calcular a média aritmética das medidas de quatro diâmetros ortogonais lidos aos dez minutos após contato entre corpo-de-prova e papel filtro, obtendo-se assim, o diâmetro de referência.

Para aceitação da argamassa de rejuntamento do tipo II, em dez minutos, o resultado deve ser menor ou igual a 65mm de diâmetro.

k) Determinação da variação dimensional da argamassa de rejuntamento

Os resultados foram calculados conforme Equação 12, em que $\&i$ é a retração ou expansão na idade “i” do corpo-de-prova representada em mm/m, Ai é a leitura efetuada na idade “i” em mm e B é a leitura efetuada após desforma em mm.

$$\&\mathrm{i} = \frac{\mathrm{Ai}-\mathrm{B}}{0{,}25} \qquad (12)$$

A norma recomenda que para representação dos resultados deve constar se os valores correspondem à expansão ou retração por secagem, e que o valor da variação dimensional deve ser menor ou igual a módulo de 2 mm/m para aceitação da argamassa de rejuntamento do tipo II.

l) Determinação da resistência à tração na flexão da argamassa de rejuntamento

Para obtenção dos resultados do referido ensaio, foi necessário calcular a resistência à tração na flexão (módulo de ruptura), representada na Equação 13, em megapascals, e a média das resistências individuais.

$$S = \frac{3.P.L}{2.b.d^2} \tag{13}$$

Onde S é o esforço no corpo-de-prova no meio do vão entre apoios (MPa), P é a carga no momento de ruptura (N), L é a distância entre cutelos de apoio (mm), b é a largura do corpo-de-prova (mm) e d é a altura do corpo-de-prova (mm).

Para aceitação dos resultados, conforme determinado pela NBR 14992:2003, a argamassa do tipo II, deve apresentar um valor na resistência à tração na flexão maior ou igual a 3 MPa.

m) Determinação da resistência à compressão da argamassa de rejuntamento

De posse das cargas de ruptura dos corpos-de-prova, calculou-se a média das resistências individuais, em megapascals, e o desvio relativo máximo, dividindo o valor absoluto da diferença entre a resistência média e a resistência individual que mais se afaste dessa média, pela resistência média e multiplicando este quociente por 100.

A NBR 14992:2003 recomenda que quando o desvio relativo máximo for superior a 6%, calcular uma nova média, desprezando até um corpo-de-prova com valor discrepante, persistindo o fato com os outros corpos-de-prova, realizar o ensaio novamente.

Os resultados obtidos no ensaio serão comparados com estabelecido por norma, para fins de aceitação e rejeição do material. Sendo que para a resistência à compressão, aos 14 dias, a argamassa de rejuntamento do tipo II, deve apresentar resultado maior ou igual a 10MPa.

n) Determinação da absorção de água por capilaridade da argamassa de rejuntamento

Para obtenção dos resultados da absorção de água por capilaridade a cada intervalo de tempo, aplicou-se a Equação 14 a seguir.

$$C = \frac{A-B}{S} \tag{14}$$

Sendo que C é a absorção de água por capilaridade (g/cm²), A é a massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo específico (g), S é a área da seção transversal (cm²) e B é a massa do corpo-de-prova seco em estufa (g).

A absorção de água por capilaridade aos 300min, para uma argamassa de rejuntamento do tipo II, deve ser menor ou igual a 0,30 g/cm².

o) Determinação de permeabilidade da argamassa de rejuntamento

Para obtenção dos resultados do referido experimento, foi necessário, diminuir do valor lido no corpo-de-prova o valor lido no testemunho, no mesmo instante de tempo, e calcular e registrar a média dos resultados individuais, em cm³.

O valor de permeabilidade aos 240 min, para aceitação ou rejeição da argamassa de rejuntamento do tipo II ensaiada, deve ser menor ou igual a 1 cm³.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através de testes experimentais, realizados em visitas a obras, cujo sistema de revestimento de fachada utilizado é do tipo aderido, com emprego de porcelanato, e expor-se-ão as suas respectivas análises.

4.1 Visitas in loco com aplicação de um *check list*

Umas das etapas desse trabalho foi a realização de visitas em obras que usam o porcelanato como revestimento aderido em suas fachadas, em que se analisou vários itens de execução, tipos de patologias incidentes, dentre outros tópicos.

Para que houvesse um melhor controle e organização em campo, foi elaborado um *check list*, que abordou questões que foram analisadas nas visitas, que se encontra nos anexos deste trabalho.

Com os problemas detectados e diversas patologia notadas, principalmente a eflorescência, foi possível se observar os principais erros recorrentes na execução das fachadas com esse tipo de revestimento e sistema de execução, ajudando assim, no levantamento para possíveis soluções.

4.1.1 Obra um

No dia 06/05/2020 visitou-se um empreendimento residencial com salas comerciais no térreo, em faze de construção concluída, chamado Empreendimento Edmo – Prédio Moinhos Park, localizado na Rua Comendador Caminha, 40, em Porto Alegre. Na Figura 53 está demonstrado a fachada do prédio.

Figura 53 – Obra um

Fonte: Autora, 2020.

O edifício possui 16 pavimentos e sua estrutura foi construída em concreto armado. A área total da fachada do empreendimento é de aproximadamente 4.000 m², contemplando externamente revestimento cerâmico, porcelanato e argamassa. A fachada principal tem orientação solar leste, recebendo assim, a incidência de todo sol da manhã. Vale ressaltar, que no presente trabalho será analisado, somente, a parte do sistema onde está aplicado o revestimento porcelanato.

O responsável técnico pelo projeto da fachada disponibilizou os detalhamentos e memoriais descritivo e de cálculo, para servir de referência ao presente trabalho. Com isso, foi possível observar vários detalhes importantes que foram cuidados na construção do sistema, desde a aplicação das camadas que compõem a fachada, como chapisco, reboco, argamassa colante, placas cerâmicas e porcelanato, até o rejuntamento das mesmas.

Mediante aos documentos, visualiza-se que houve uma atenção para elaboração do projeto e execução do revestimento externo, contendo desde a certificação que apresenta a conformidade do produto porcelanato utilizado, até o respeito da cura e espessuras das camadas que compõem o mesmo.

Outros cuidados importantes tomados pelos projetistas foi a precaução de futuras manifestações patológicas, que podem comprometer a fachada. Uma das patologias que mais foi estudada para ser prevenida, foi a eflorescência, pois como o

porcelanato possui grande formato de peças, que geram maior visualização da mesma na fachada, traz à tona um problema estético e técnico para o empreendimento.

Com isso, é frisado no Manual de Especificações Técnicas e Recomendações de Revestimentos Externos – MMC Projetos e Consultoria (2017), elaborado pela empresa responsável pelo projeto de revestimento externo do prédio, e utilizado para orientar e informar os executores da obra, algumas recomendações, sendo: que é de extrema importância respeitar os prazos de execução; cuidar o empenamento das placas e, transpasse de no máximo 20% entre elas quando assentadas; cuidar para que não seja colocado o porcelanato e rejunte em superfícies molhadas; atentar para o acabamento do rejunte, prevalecendo a uniformidade do mesmo e; realizar treinamentos e capacitação dos profissionais envolvidos, para que haja uma boa execução do sistema.

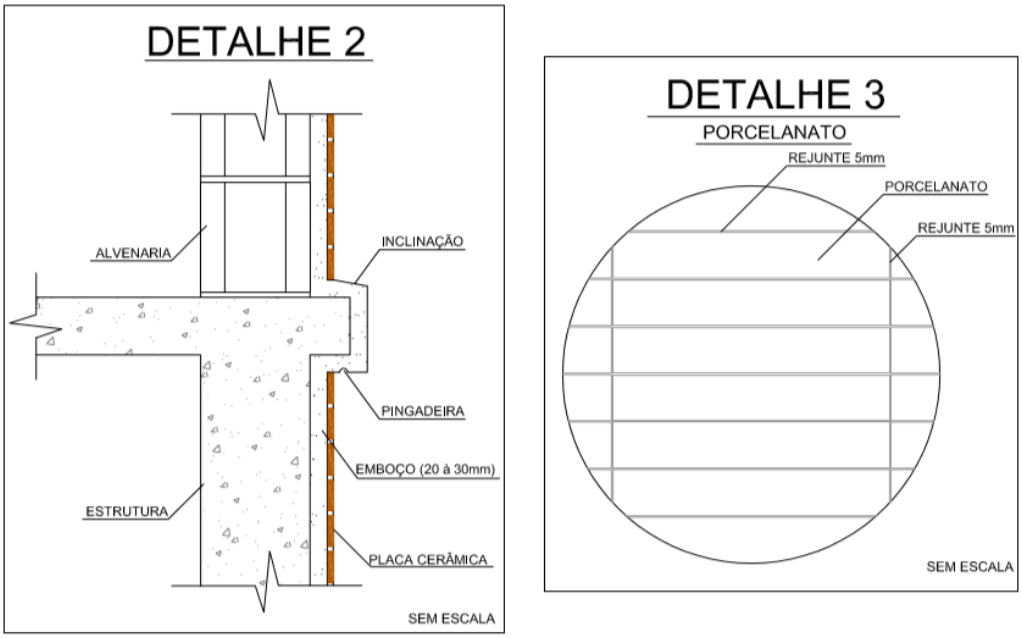
O porcelanato utilizado foi um porcelanato com modelo técnico BIIa esmaltado, da marca *Portobello*, de terminologia *Ecowood*, com dimensões 15x60cm, do tipo *bold.* Para sua aplicação foi usado um transpasse de 20% e argamassa colante bicomponente *Portokoll*. Na Figura 54 a seguir, percebe-se a disposição das placas e o cuidado de sua aplicação, com juntas uniformes e bem rejuntadas, não havendo falhas, e seguindo o indicado no manual de Especificações Técnicas e Recomendações de Revestimentos Externos, conforme citado no parágrafo anterior.

Figura 54 – Disposição placas porcelanatos e suas respectivas juntas de assentamento

Fonte: Autora, 2020.

No detalhamento do projeto da fachada, conforme expresso na Figura 55, é possível ver a indicação da espessura da junta de rejuntamento do revestimento, sendo construída com 5 mm de largura, maior que o indicado pelo fabricante, que é de 3mm. Esse aumento de tamanho da junta de assentamento facilita a aplicação do rejunte e, de certa forma melhora o desempenho da mesma, pois se tem a garantia que a argamassa chegou até o fundo da junta, desempenhando sua real função, que é de preencher todo espaço entre placas e de 'impermeabilizar' o sistema.

Figura 55 – Detalhes aplicação porcelanato na fachada

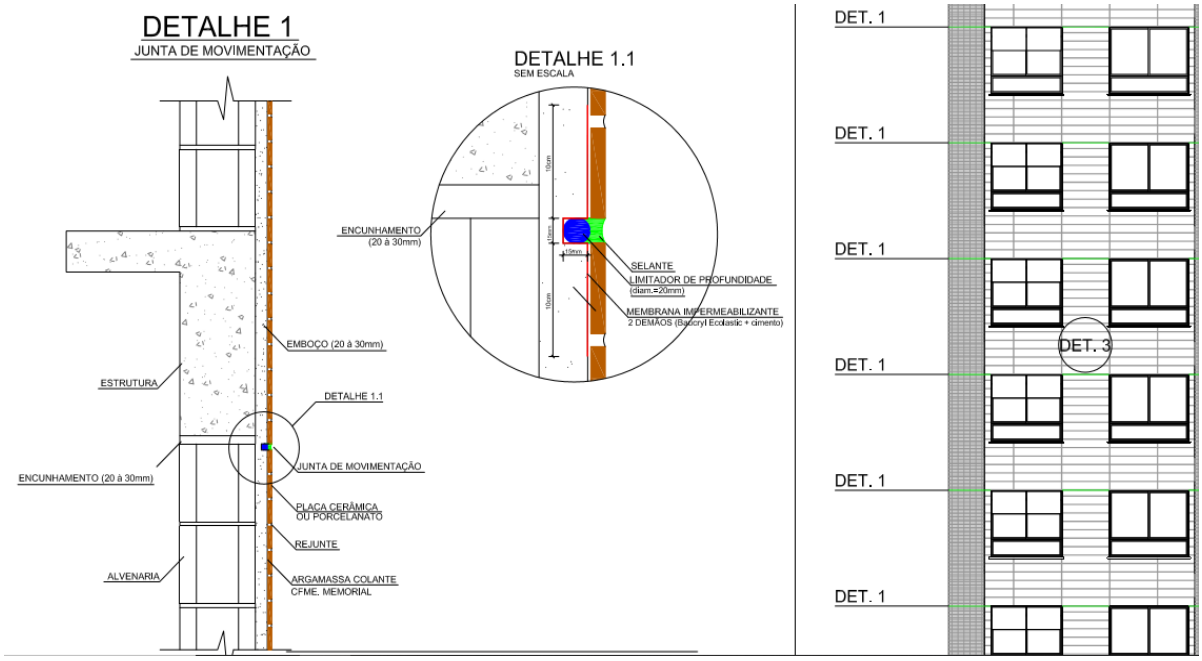


Fonte: MMC LAB, 2017.

Com dados de ensaios feitos na fachada do edifício em mãos, percebeu-se que todos ensaios de resistência de aderência à tração, realizados primeiramente no reboco, após com a introdução do chapisco e, por fim, com o porcelanato, apresentaram resultados aceitáveis, conforme indicação da norma regulamentadora.

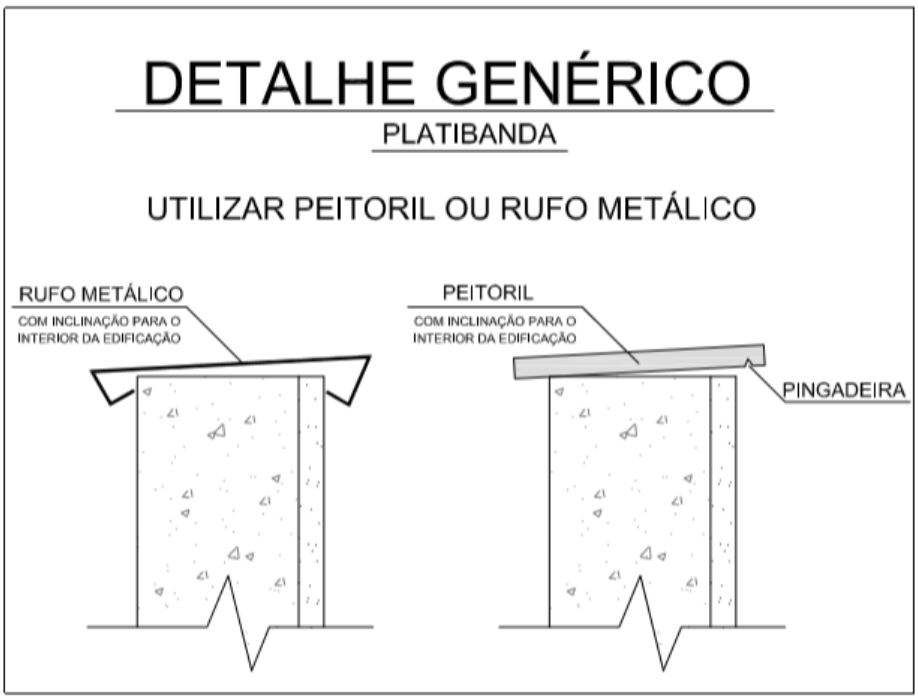
As juntas de movimentação se encontram acima das janelas, o que conforme Figura 56, visualiza-se o cuidado para a elaboração e execução correta das mesmas, utilizando impermeabilizantes, selantes e limitador de profundidade, segundo orienta normas brasileiras de execução desse detalhamento. Outro detalhe indicado é a construção das proteções das paredes das platibandas (Figura 57), prevenindo possíveis infiltrações na fachada.

Figura 56 – Detalhamento juntas de movimentação



Fonte: MMC LAB, 2017.

Figura 57 – Detalhamento proteção platibanda



Fonte: MMC LAB, 2017.

É importante ressaltar que o prédio já está concluído a cerca de um ano e, não apresenta grandes patologias que prejudicam o desempenho do sistema de revestimento de fachadas, existindo apenas, pequenos pontos de fungos, bolor nas juntas de movimentação, manchamento no porcelanato próximo a uma janela, devido

a possível mal instalação da pingadeira, e um ponto pequeno de eflorescência (Figura 58). Com isso, percebe-se que o prédio e o sistema de fachada está apresentando um bom desempenho, encontrando-se com mínimos problemas, que não interferem na estética e nem na performance do mesmo, enfatizando a real importância de se ter atenção para elaborar um bom projeto de fechadas e de se ter uma correta execução, seguindo os detalhamentos de projeto.

Figura 58 – Ponto de eflorescência aparente no porcelanato

Fonte: Autora, 2020.

Observa-se também, que é imprescindível seguir a indicação dos fabricantes e normas regulamentadoras no que diz respeito ao transpasse das peças, argamassa colante utilizada, tempo de cura das camadas que compõem o revestimento e, principalmente, o cuidado com a aplicação do rejunte nas juntas de assentamento e, impermeabilização das juntas de movimentação, prevenindo assim, infiltração e, consequentemente, outras patologias, como a eflorescência. É importante salientar que como qualquer outro equipamento ou até peças e ferramentas, a obra precisa ter manutenções pelo proprietário, como se apresenta exposta a intempéries, sofre desgastes que necessitam ser reparados, o que não se aplica no edifício analisado,

pois relativamente é um prédio novo, não necessitando, atualmente, de reparos e manutenções.

Por fim, é importante mencionar, pelo porcelanato não apresentar regulamentação técnica para ser aplicado em revestimentos externos, os profissionais técnicos precisam ter cuidados e atenção na sua aplicação, pois quando mal assentados podem trazer grandes prejuízos ao proprietário do prédio onde foi utilizado esse material, ou até mesmo ao próprio profissional técnico, que terá que arcar com os custos dos reparos da obra, que projetou e ocorreu problemas.

4.1.2 Obra dois

Juntamente com a obra relatada no subitem acima, visitou-se outro prédio ocupado pelo restaurante Lunar em Porto Alegre, que se localiza na Av. Assis Brasil, 1214 – Bairro Passo da Areia.

A presente edificação chama atenção por apresentar grande incidência da patologia eflorescência e, por seu revestimento externo ser de porcelanato aderido. Na Figura 59, tirada no ano de 2016 pelo Prof. Mestre Marcus Daniel, é possível ver o grande índice de manchamento que a fachada do prédio apresentava.

Figura 59 - Patologia eflorescência ocasionada no prédio do Restaurante Lunar

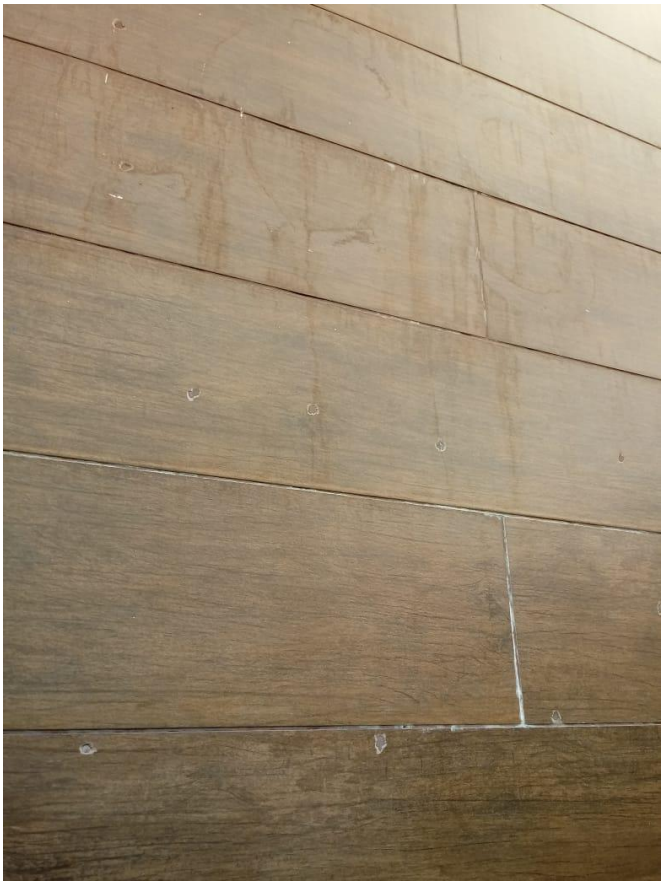
Fonte: Prof. Mestre Marcus Daniel, 2016.

Mesmo se passando quatro anos da foto tirada acima, até a presente visita, o prédio ainda possui o mesmo problema, necessitando constantemente, de manutenção, remoção da eflorescência pelo proprietário. No dia da visita ao estabelecimento, o mesmo passava por a referida manutenção, podendo ser visto na Figura 60, a limpeza dos manchamentos, necessitando de produtos químicos concentrados, que está desgastando o porcelanato e modificando as características da pedra (Figura 61). Vale ressaltar, que mesmo havendo a limpeza da fachada, a mesma continua apresentando certas marcas da antiga manifestação patológica, o que traz um efeito estético negativo ao prédio.

Figura 60 – Fachada após limpeza da eflorescência

Fonte: Autora, 2020.

Figura 61 – Desgastes ocasionado no porcelanato pela limpeza da eflorescência



Fonte: Autora, 2020.

Conforme relatado pelo proprietário do estabelecimento, o prédio possui em torno de seis a sete anos de idade, e desde quando foi concluída a obra o mesmo possui esse problema, necessitando de manutenção de ano a ano. Relatou ainda, que acredita que o problema se dá por erros de execução do revestimento externo. Pois, pela alvenaria do prédio se apresentar com grandes irregularidades quando construída, ao se executar o revestimento externo, foi colocado excesso de argamassa colante, o que originou o preenchimento das juntas de assentamento com o mesmo material, prejudicando posterior aplicação de argamassa própria para o rejuntamento. O proprietário descreveu também, que as juntas de assentamento não foram limpas adequadamente, contribuindo para a má aplicação do rejunte.

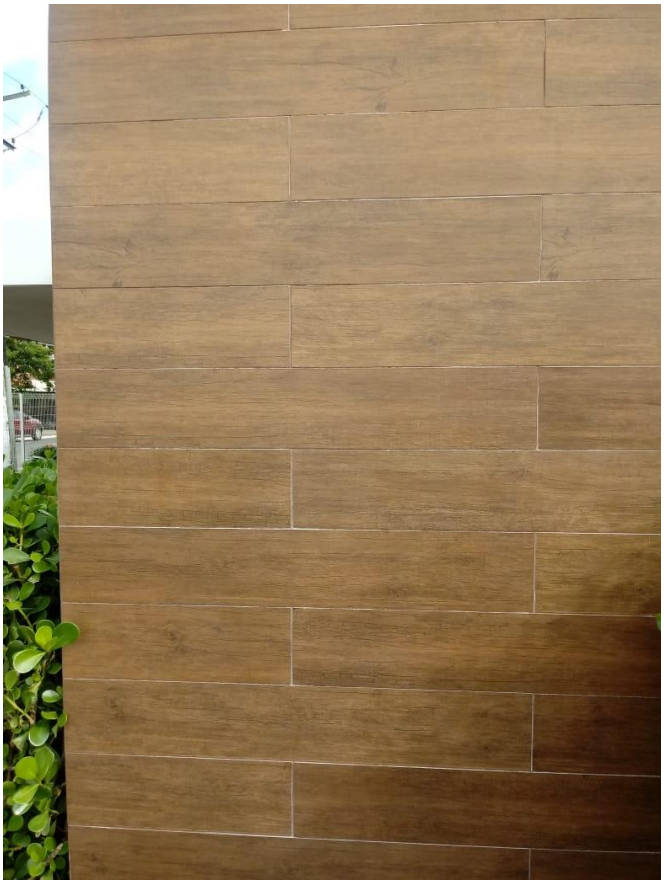
Durante a visita percebeu-se ainda, que o problema acontece somente nos panos de fachadas que recebem incidência de água, intempéries, diretamente. Não existindo os manchamentos em paredes que estão abrigadas, conforme percebe-se na Figura 62.

Figura 62 – Parede sem eflorescência, apresentando-se abrigada das intempéries

Fonte: Autora, 2020.

O fato decorre pelas paredes que estão em contado direto com a água não estarem corretamente impermeabilizadas e por existir erros de execução do revestimento com porcelanato aderido. Esses erros de execução são percebidos por não respeitarem o transpasse correto das placas de porcelanato, que é indicado 20% entre peças, o que no prédio é feito com 50% (Figura 63).

Figura 63 – Transpasse de 50% entre as placas de porcelanato



Fonte: Autora, 2020.

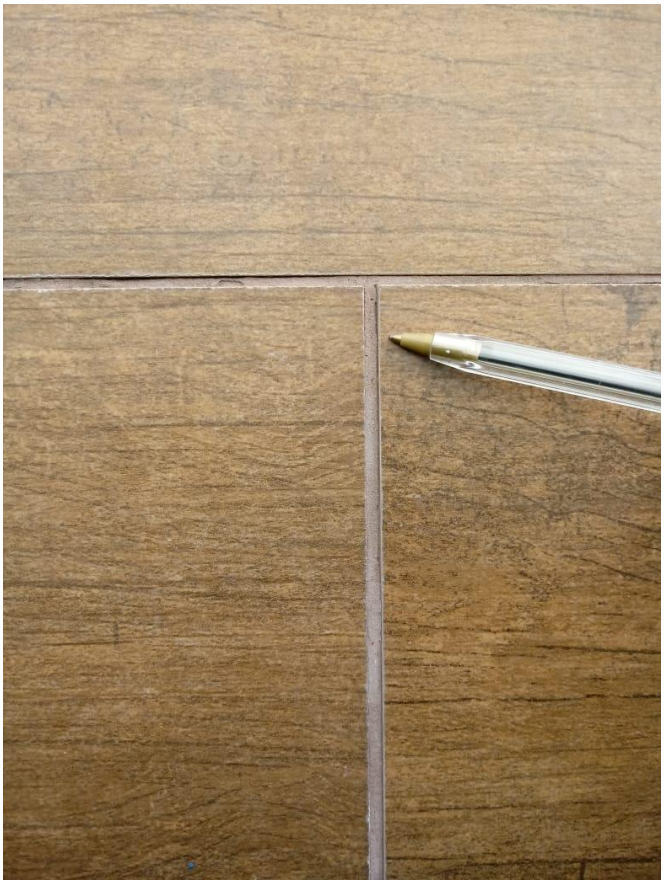
Outro problema encontrado é a degradação das juntas de assentamento, o que contribui para infiltração de água no revestimento. Essa falha, pode ser ocasionada pelo fato relatado pelo proprietário, de existir uma má higienização das juntas e por ter havido excesso de argamassa colante. Na Figura 64 está representada a degradação das juntas de assentamento.

Figura 64 – Degradação das juntas de assentamento e rejuntamento

Fonte: Autora, 2020.

Vale ressaltar, que se analisou as espessura das juntas entre placas de porcelanato, sendo de aproximadamente 1,5mm (Figura 65), o que se acredita não ser suficiente para que a argamassa de rejuntamento preencha por completo essa abertura, até o fim de sua profundidade.

Figura 65 – Espessura da junta de assentamento



Fonte: Autora, 2020.

Com a presente situação vista e observada, é possível se ter a ideia do quão importante é seguir a orientação correta da execução de um projeto de revestimento de fachadas, pois um erro na elaboração do mesmo podem trazer prejuízos irreparáveis, tanto na estética quanto no desempenho da fachada. Nesse sentido é importante sempre seguir orientações de normas regulamentadoras e atentar para as especificações dos fabricantes. A eflorescência é um problema bastante decorrente em revestimentos de porcelanato aderido, o que mostra a importância do mesmo ser estudado, com maior profundidade e analisada suas configurações utilizadas em obras, para uma possível elaboração de norma regulamentadora, que ajudará na especificação do sistema em fachadas, prevenindo possíveis patologias.

4.1.3 Obra três

No dia 08/05/2020 foi realizada a visita no Prédio de Ofício de Registro de Imóveis, localizado na Rua Gaspar Silveira Martins, 1065 – Centro, em Santa Cruz do Sul.

O prédio possui revestimento de porcelanato aderido em toda sua fachada e, atualmente, a mesma possui pontos de eflorescência visíveis, o que prejudica a estética do prédio. A fachada principal da edificação apresenta orientação leste, o que pega todo sol da manhã. Na Figura 66 e 67 é possível ver, respectivamente, a fachada do estabelecimento citado e as manchas de eflorescência na mesma.

Figura 66 – Fachada do Ofício de Registro de Imóveis de Santa Cruz do Sul

Fonte: Autora, 2020.

Figura 67 – Eflorescência no Prédio de Ofício de Registro de Imóveis

Fonte: Autora, 2020.

Conforme analisado nas outras visitadas descritas acima, verificou-se também a forma de execução do prédio em questão. Por não ter sido possível o contato com profissionais que conheciam o histórico do prédio, não se conseguiu muitas informações a respeito da execução do revestimento. No entanto, é possível observar que assim como a obra do Restaurante Lunar, o prédio do Registro de Imóveis, tem a configuração do revestimento porcelanato com 50% de transpasse entre as peças. Esse transpasse não é indicado pelo fato das peças apresentarem um certo abaulamento em seu comprimento, o que facilita a entrada de água nas juntas de assentamento entre as mesma, originando patologias.

A junta de assentamento possui espessura aproximada de 1,5mm e se apresenta com certos defeitos, o que pode ser originado por sua má execução.

Com a referida obra, é possível ver que a execução do porcelanato aderido em fachadas é bastante usual, sendo executado em diversas cidades. Percebe-se também, que o aparecimento da eflorescência é quase unanime em todas obras, existindo em lugares diversos, independendo do clima da região. É importante

mencionar que o aparecimento da eflorescência é aliado com a junção de água e sais contidos nos materiais constituintes da obra, que afloram através dos poros capilares que os materiais possuem. Sendo assim, é plausível se imaginar, que como as fachadas analisadas se apresentam em exposição constante às intempéries, isso ajuda no aparecimento da referida manifestação patológica.

Com isso, é possível concluir que os mais graves dos problemas é por não haver uma indicação e correta execução do revestimento através de normas, o que faz existir várias formas de executar o conjunto, trazendo muitos problemas para as fachadas dos prédios e, posteriormente, aos proprietários. O atual prédio é uma obra relativamente nova e já apresenta patologia, trazendo a certeza, de que necessitará de constantes manutenções ao longo de sua vida útil.

4.2 Ensaios

A fim de fundamentar o trabalho empiricamente, fez-se ensaios com diferentes tipos de materiais e alguns protótipos de paredes, conforme explicado na metodologia. Nesta subseção, será demostrados os respectivos resultados obtidos.

4.2.1 Ensaio de verificação da profundidade de penetração do rejunte nos protótipos de paredes

O presente ensaio não apresenta norma regulamentadora e foi realizado conforme explicado na metodologia deste trabalho. O experimento tem por função principal analisar a profundidade que a argamassa de rejuntamento preenche a junta de assentamento, observando em diferentes espessuras de juntas. Nos Quadros 18 e 19 a seguir serão apresentados os resultados obtidos, nas juntas de assentamento com modo de aplicação tradicional e nas juntas com modo de aplicação desenvolvido pela autora do presente trabalho, sendo em seguida, comparados os resultados para posteriores constatações.

É importante salientar que possuir informações sobre o real preenchimento da junta de assentamento, é de extrema importância para a concepção da fachada, analisando assim, qual espessura de junta mais se adapta e realmente funciona no sistema.

Quadro 19 – Preenchimento junta de assentamento porcelanato retificado

Porcelanato Retificado	
Espessura junta	Preenchimento
1,0 mm	Não preencheu 4,19 mm
1,0 mm	Não preencheu 4,95 mm
1,5 mm	Não preencheu 4,50 mm
1,5 mm	Não preencheu 4,31 mm
2,0 mm	Não preencheu 2,32 mm
2,0 mm	Não preencheu 3,03 mm
3,0 mm	Toda preenchida
3,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
Aplicação Rejunte Convencional	

Porcelanato Retificado	
Espessura junta	Preenchimento
1,0 mm	Não preencheu 4,70 mm
1,0 mm	Não preencheu 5,53 mm
1,5 mm	Não preencheu 4,64 mm
1,5 mm	Não preencheu 3,23 mm
2,0 mm	Não preencheu 4,87 mm
2,0 mm	Não preencheu 5,36 mm
3,0 mm	Não preencheu 3,70 mm
3,0 mm	Não preencheu 4,73 mm
4,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
Aplicação Rejunte Adaptado pela Autora	

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 20 - Preenchimento junta de assentamento porcelanato *bold*

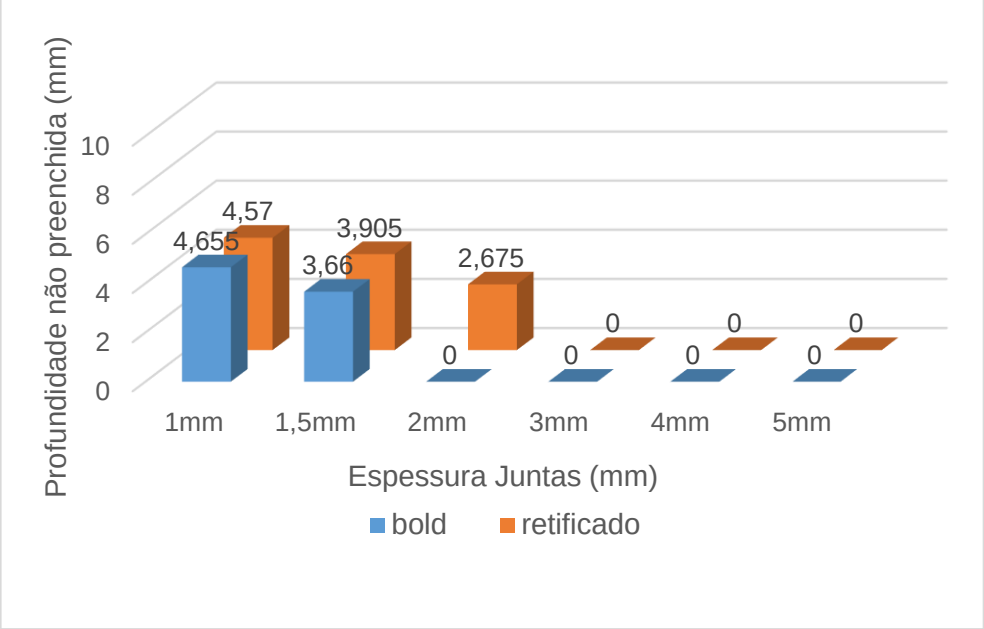
Porcelanato Bold	
Espessura junta	Preenchimento
1,0 mm	Não preencheu 4,92 mm
1,0 mm	Não preencheu 4,39 mm
1,5 mm	Não preencheu 4,07 mm
1,5 mm	Não preencheu 3,25 mm
2,0 mm	Toda preenchida
2,0 mm	Toda preenchida
3,0 mm	Toda preenchida
3,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
Aplicação Rejunte Convencional	

Porcelanato Bold	
Espessura junta	Preenchimento
1,0 mm	Não preencheu 2,2 mm
1,0 mm	Não preencheu 2,42 mm
1,5 mm	Toda preenchida
1,5 mm	Toda preenchida
2,0 mm	Toda preenchida
2,0 mm	Toda preenchida
3,0 mm	Toda preenchida
3,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
4,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
5,0 mm	Toda preenchida
Aplicação Rejunte Adaptado pela Autora	

Fonte: Autora, 2020.

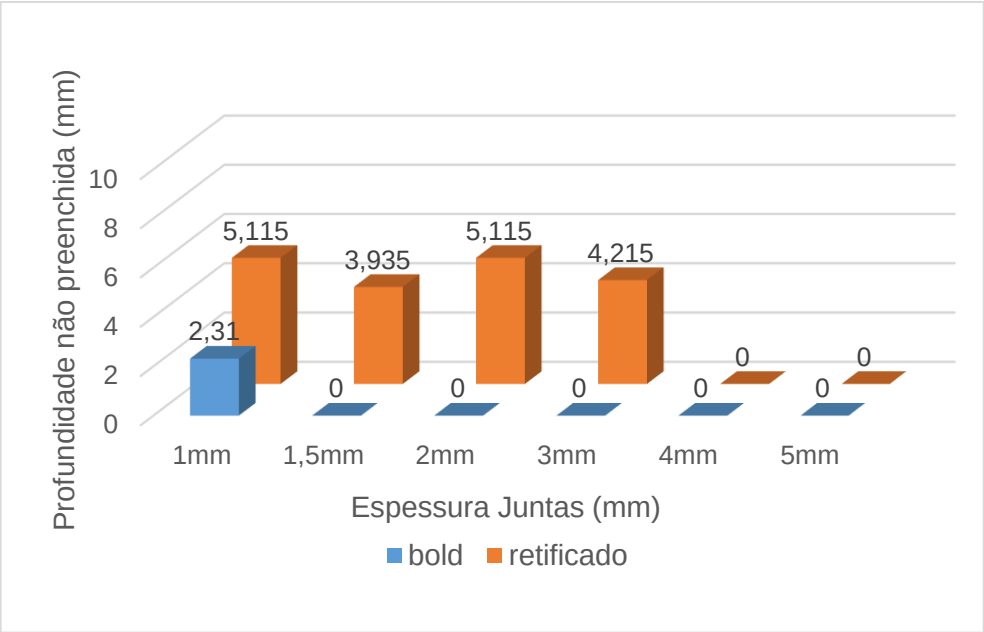
Com os referidos dados, fez-se a comparação dos resultados obtidos, através de gráficos, em que foi possível constatar algumas observações. Nos Gráficos 1 e 2 a seguir foi calculada a média entre duas juntas de mesma espessura, com base nos dados expresso nos Quadros 1 e 2, da profundidade da junta de assentamento que não foi preenchida pela argamassa de rejuntamento, comparando entre o porcelanato *bold* e retificado. Vale ressaltar que um gráfico expressa o dado com a forma convencional de aplicação de rejunte e outro da forma desenvolvida pela autora.

Gráfico 1 - Média da profundidade não preenchida nas juntas de assentamento – Aplicação convencional de rejunte



Fonte: Autora, 2020.

Gráfico 2 - Média da profundidade não preenchida nas juntas de assentamento – Aplicação rejunte método desenvolvido pela autora



Fonte: Autora, 2020.

Com o porcelanato do tipo retificado o método de aplicação desenvolvido pela autora não obteve êxito, visualizando-se que na junta de espessura de 3,0 mm com

método de aplicação convencional foi preenchida toda junta, não ocorrendo o mesmo fato com a mesma espessura de junta para a aplicação criada pela autora do trabalho.

É possível ver que nas juntas menores que 3,0 mm, para o porcelanato retificado, não houve o preenchimento por completo da profundidade das mesmas, levando assim no não cumprimento da função do rejuntamento, o que poderá futuramente prejudicar a funcionalidade do sistema. É importante mencionar que para o porcelanato das dimensões usadas, conforme já mencionado anteriormente, a especificação do fabricante é de uma junta de assentamento de 1,5 mm de espessura, o que percebesse pelos dados levantados, ficar grande parte da profundidade da junta sem o preenchimento da argamassa. Com isso, é possível se constatar que para o referido porcelanato a junta mais adequada seria as com espessura de 3,0mm ou maior, o que facilita aplicação da argamassa de rejuntamento e proporciona o preenchimento total do espaço, contribuindo assim para o desempenho da fachada.

Já com os dados levantados para o porcelanato do tipo *bold* é possível ver que grande partes das juntas foram preenchidas por completo, apresentando maior eficiência o modo de aplicação desenvolvido pela autora, pois na junta de 1,5 mm de espessura foi preenchida totalmente por argamassa com o tal modo ao contrário sendo para o método tradicional.

Para as dimensões e tipo utilizado desse porcelanato, os fabricantes indicam uma espessura de junta de 3,0 mm, o que se pode perceber que se enquadra para tal. Com isso, pode-se dizer que o porcelanato *bold*, com junta de assentamento de 3mm de espessura, é o que se apresenta em melhor conformidade na aplicação de fachadas.

Na Figura 68 a seguir, pode-se visualizar o preenchimento total de uma das juntas elaboradas, espessura 5mm, e um preenchimento incorreto, junta com espessura 1mm.

Figura 68 – Preenchimento juntas de assentamento

Fonte: Autora, 2020.

4.2.2 Determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos com placas assentadas com argamassa colante nos protótipos de paredes

Realizou-se o presente ensaio em 6 faces de protótipos de paredes com o revestimento porcelanato retificado e cinco faces de paredes com porcelanatos *bold,* seguindo a orientação da norma que regulamenta o mesmo.

O experimento auxilia para se saber o comportamento e resistência das camadas que constituem o sistema de fachadas, mostrando se o conjunto está de acordo com o estabelecido por regulamentação técnica e se apresenta-se eficiente.

Nos Quadros 20, 21 e 22 a seguir serão mostrados os resultados da tensão de ruptura encontrados em cada parede.

Quadro 21 – Resultados ensaio de arrancamento protótipo de parede 1 e 2

Parede 1 - Porcelanato Retificado				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	1640	0,16	G
2	10000	3000	0,30	G
3	10000	3010	0,30	G
4	10000	2190	0,22	G
5	10000	1290	0,13	G
6	10000	3200	0,32	G
7	10000	1520	0,15	G
8	10000	1970	0,20	G
9	10000	1480	0,15	G
10	10000	4630	0,46	G
11	10000	1520	0,15	G
12	10000	2970	0,30	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
• Resultados aprovados				

Parede 1 - Porcelanato Bold				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	2260	0,23	G
2	10000	1840	0,18	G
3	10000	2970	0,30	G
4	10000	1140	0,11	G
5	10000	2400	0,24	G
6	10000	2580	0,26	G
7	10000	4020	0,40	G
8	10000	2280	0,23	G
9	10000	1000	0,10	G
10	10000	3370	0,34	G
11	10000	1810	0,18	G
12	10000	2150	0,22	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
• Resultados aprovados				

Parede 2 - Porcelanato Retificado				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	2180	0,22	G
2	10000	3190	0,32	G
3	10000	2620	0,26	G
4	10000	2610	0,26	G
5	10000	1880	0,19	G
6	10000	800	0,08	G
7	10000	2360	0,24	G
8	10000	1470	0,15	G
9	10000	1400	0,14	G
10	10000	3070	0,31	G
11	10000	1150	0,12	G
12	10000	440	0,04	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
• Resultados aprovados				

Parede 2 - Porcelanato Bold				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	1810	0,18	G
2	10000	3160	0,32	G
3	10000	3360	0,34	G
4	10000	1210	0,12	G
5	10000	4620	0,46	G
6	10000	2340	0,23	G
7	10000	1970	0,20	G
8	10000	3640	0,36	G
9	10000	1880	0,19	G
10	10000	1400	0,14	G
11	10000	3760	0,38	G
12	10000	2960	0,30	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
• Resultados aprovados				

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 22 - Resultados ensaio de arrancamento protótipo de parede 3 e 4

Parede 3 - Porcelanato Retificado				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	3060	0,31	G
2	10000	2250	0,23	G
3	10000	2180	0,22	G
4	10000	1860	0,19	G
5	10000	2480	0,25	G
6	10000	1100	0,11	G
7	10000	3970	0,40	G
8	10000	1710	0,17	G
9	10000	2700	0,27	E
10	10000	3000	0,30	G
11	10000	1310	0,13	G
12	10000	1650	0,17	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante; E: Ruptura no interior do emboço				
● Resultados aprovados				

Parede 3 - Porcelanato Bold				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	3500	0,35	G
2	10000	3060	0,31	G
3	10000	3520	0,35	G
4	10000	2510	0,25	G
5	10000	2990	0,30	E
6	10000	3040	0,30	G
7	10000	1210	0,12	G
8	10000	3810	0,38	G
9	10000	1660	0,17	G
10	10000	1590	0,16	G
11	10000	930	0,09	G
12	10000	1910	0,19	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante; E: Ruptura no interior do emboço				
● Resultados aprovados				

Parede 4 - Porcelanato Retificado				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	2630	0,26	G
2	10000	2150	0,22	G
3	10000	2410	0,24	G
4	10000	2850	0,29	G
5	10000	1440	0,14	G
6	10000	2270	0,23	G
7	10000	2080	0,21	G
8	10000	3030	0,30	G
9	10000	3570	0,36	G
10	10000	2270	0,23	G
11	10000	1580	0,16	G
12	10000	3240	0,32	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
● Resultados aprovados				

Parede 4 - Porcelanato Bold				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	3500	0,35	G
2	10000	2580	0,26	G
3	10000	2240	0,22	G
4	10000	4920	0,49	G
5	10000	3340	0,33	G
6	10000	2100	0,21	G
7	10000	3360	0,34	G
8	10000	1940	0,19	G
9	10000	4140	0,41	G
10	10000	2970	0,30	G
11	10000	3040	0,30	G
12	10000	4150	0,42	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
● Resultados aprovados				

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 23 - Resultados ensaio de arrancamento protótipo de parede 5

Parede 5 - Porcelanato Retificado				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	4060	0,41	G
2	10000	2050	0,21	G
3	10000	4090	0,41	G
4	10000	2840	0,28	G
5	10000	4250	0,43	G
6	10000	920	0,09	G
7	10000	2920	0,29	G
8	10000	1060	0,11	G
9	10000	1650	0,17	G
10	10000	2740	0,27	G
11	10000	120	0,01	G
12	10000	4770	0,48	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
● Resultados aprovados				

Parede 5 - Porcelanato Bold				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	3140	0,31	G
2	10000	1760	0,18	G
3	10000	2260	0,23	G
4	10000	2630	0,26	G
5	10000	1610	0,16	G
6	10000	3300	0,33	G
7	10000	2680	0,27	G
8	10000	2350	0,24	G
9	10000	2290	0,23	G
10	10000	4450	0,45	G
11	10000	2870	0,29	G
12	10000	4400	0,44	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
● Resultados aprovados				

Parede 6 - Porcelanato Retificado				
CPs	Área (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	10000	5410	0,54	G
2	10000	3750	0,38	G
3	10000	3420	0,34	G
4	10000	3040	0,30	G
5	10000	2160	0,22	G
6	10000	150	0,02	G
7	10000	1730	0,17	G
8	10000	2480	0,25	G
9	10000	2160	0,22	G
10	10000	3070	0,31	G
11	10000	2890	0,29	G
12	10000	3070	0,31	G
OBS: Ruptura G: Ruptura no interior da argamassa colante				
● Resultados aprovados				

Fonte: Autora, 2020.

Os tipos de ruptura foram na grande maioria do tipo G – Ruptura no interior da camada da argamassa colante, acontecendo somente em duas amostras a ruptura do tipo E – Ruptura no interior da camada do emboço, podendo visualizar na Figura 69 os dois tipos de ruptura ocasionados em duas das amostras extraídas.

Figura 69 – Ruptura G e E do ensaio de arrancamento paredes

Fonte: Autora, 2020.

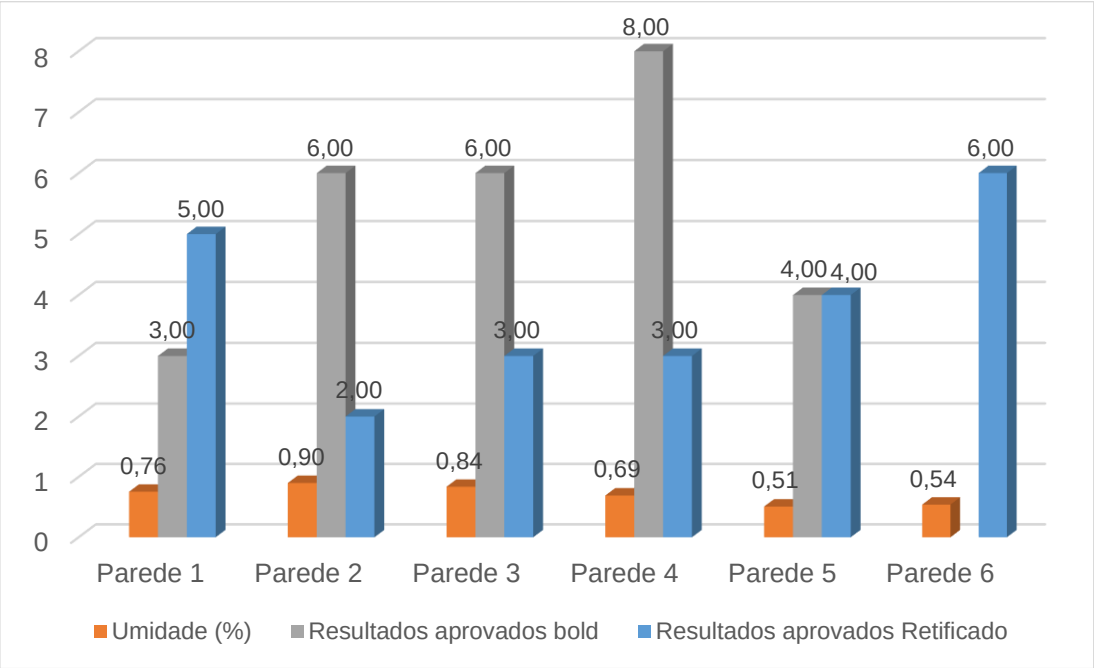
Conforme observado nos resultados nenhuma parede atingiu o prescrito em norma, pois todas apresentaram menos que oito resultados abaixo de 0,5 MPa, o que se pode dizer que o sistema encontra-se em desacordo com o estabelecido por norma. Por grande parte dos tipos de ruptura ter ocorrido na camada da argamassa colante, conclui-se que a camada mais frágil da parede ensaiada é essa, mostrando-se mais porosa e mais suscetível a infiltração de água, o que ajuda no aparecimento de futuras patologias. Vale ressaltar que a aplicação de todos materiais que constituíram as camadas dos protótipos de paredes, seguiram orientações e recomendações de normas regulamentadoras e especificações dos fabricantes, desde a dosagem até a espera de cura dos mesmo. Contudo, percebe-se que grande parte das amostras extraídas apresentaram falhas de colagem, ou seja, os cordões da argamassa colante não estavam achatados, o que pode ter prejudicado nos resultados. Na Figura 70 é possível ver uma amostra com maior valor de carga de ruptura, com os cordões de argamassa mais achatados, e outra com menor valor e os cordões apresentando-se não achatados.

Figura 70 – Falha de colagem porcelanato

Fonte: Autora, 2020.

Para melhor interpretar os resultados encontrados, com a média de duas amostras coletadas de cada parede, fez-se a porcentagem de umidade, analisando-se assim através do Gráfico 3 se a umidade encontrada em cada parede influenciou nos resultados de tensão de ruptura achados.

Gráfico 3 – Influência da umidade nos resultados de arranchamento das paredes



Fonte: Autora, 2020.

Percebe-se através do gráfico que a porcentagem de umidade encontrada em cada parede não interferiu na quantia dos resultados da tensão de ruptura aprovados, podendo afirmar que os dados foram afetados por outro fator.

4.2.3 Ensaio de permeabilidade – Método do Cachimbo nos protótipos de paredes

O ensaio de permeabilidade realizado nos protótipos de paredes tem por função medir quanto que infiltra de água na superfície da parede, analisando nesse caso a parte que se encontra as juntas de assentamento entre as placas de porcelanatos na fachada. Conforme a infiltração de água na superfície da parede, tem-se uma ideia se o sistema pode ser prejudicado pela percolação de fluídos no interior da mesma, depreciando a função do conjunto.

A seguir, nos Quadros 23 e 24, estão representados os resultados da infiltração encontrados em cada superfície de parede. Os resultados foram computados não se acumulando em cada instante, somando a quantia infiltrada somente no final, expresso na linha total.

Quadro 24 – Resultados infiltração protótipos de parede 1 e 2

Parede 1 (Porcelanato bold)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
3 (a)	0	0	0	0,1	0	0,1
4 (a)	0	0	0,1	0,1	0,1	0,3
4 (b)	0	0	0,1	0	0	0,1
5 (a)	0	0	0	0	0	0
5 (b)	0	0,6	0	0	0	0,6
OBS: Aplicação convensional do rejunte.						

Parede 1 (Porcelanato retificado)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
4 (a)	0	0	0,1	0	0	0,1
4 (b)	0	0	0,1	0	0	0,1
5 (a)	0	0,1	0,1	0	0	0,2
5 (b)	0	0	0,1	0	0	0,1
OBS: Aplicação convensional do rejunte.						

Parede 2 (Porcelanato bold)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
1,5 (a)	0	0	0	0,1	0	0,1
1,5 (b)	0	0	0	0,1	0	0,1
2 (a)	0	0	0,1	0	0,1	0,2
2 (b)	0	0	0	0,1	0	0,1
3 (b)	0	0	0	0	0	0
OBS: Aplicação convensional do rejunte.						

Parede 2 (Porcelanato retificado)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
2 (a)	0	0	0,1	0	0,1	0,2
2 (b)	0	0	0,1	0,1	0,1	0,3
3 (a)	0	0	0	0	0	0
3 (b)	0	0	0,1	0,5	0,3	0,9
OBS: Aplicação convensional do rejunte.						

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 25 - Resultados infiltração protótipos de parede 3, 4,5 e 6

Parede 3 (Porcelanato bold)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
1 (a)	0	0	0	0	0,1	0,1
1 (b)	0	0	0	0	0	0
5 (c)	0	0	0	0	0	0
5 (d)	0	0	0,1	0	0	0,1
OBS: Aplicação convensional do rejunte; Aplicação do rejunte com bisnaga.						

Parede 3 (Porcelanato retificado)						
Espessura	Tempo (min)					
	0	15	30	60	90	Total
1 (a)	0	0	0	0,2	0,2	0,4
1 (b)	0	0	0,1	0,1	0	0,2
1,5 (a)	0	0	0,1	0	0	0,1
1,5 (b)	0	0	0	0	0	0
OBS: Aplicação convensional do rejunte.						

Parede 4 (Porcelanato bold)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
2 (c)	0	0	0	0	0	0
2 (d)	0	0	0	0,1	0	0,1
3 (c)	0	0	0	0	0	0
3 (d)	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
4 (c)	0	0	0	0	0	0
4 (d)	0	0	0	0	0	0
OBS: Aplicação do rejunte com bisnaga.						

Parede 4 (Porcelanato retificado)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
4 (c)	0	0	0	0	0	0
4 (d)	0	0,2	0	0,3	0,2	0,7
5 (c)	0	0	0	0,1	0	0,1
5 (d)	0	0	0	0	0,1	0,1
OBS: Aplicação do rejunte com bisnaga.						

Parede 5 (Porcelanato bold)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
1 (c)	0	0,1	0	0,1	0,1	0,3
1 (d)	0	0,1	0	0	0	0,1
1,5 (c)	0	0	0	0	0	0
1,5 (d)	0	0	0	0	0	0
OBS: Aplicação do rejunte com bisnaga.						

Parede 5 (Porcelanato retificado)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
2 (c)	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6
2 (d)	0	0	0	0	0,1	0,1
3 (c)	0	0,2	0,2	0,6	0,4	1,4
3 (d)	0	0,3	0,1	0,5	0,2	1,1
OBS: Aplicação do rejunte com bisnaga.						

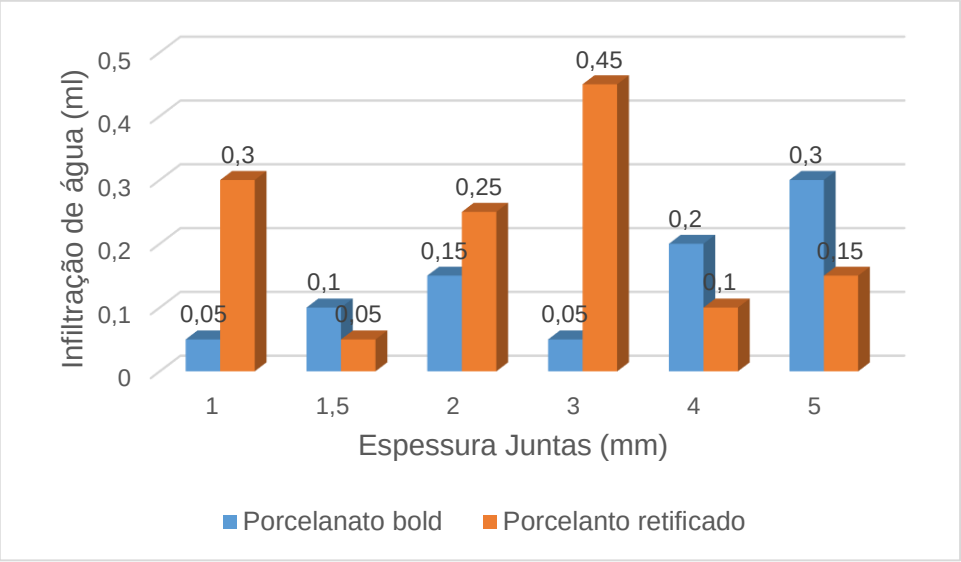
Parede 6 (Porcelanato retificado)						
Espessura	Tempo (min)					
Junta (mm)	0	15	30	60	90	Total
1 (c)	0	0	0	0	0,1	0,1
1 (d)	0	0	0	0	0	0
1,5 (c)	0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6
1,5 (d)	0	0	0	0	0	0
OBS: Aplicação do rejunte com bisnaga.						

Fonte: Autora, 2020.

A grande maioria das leituras, obtiveram infiltração zero, portanto somente 15 dos 48 resultados totais apresentaram infiltração nula, mostrando que mais da metade dos locais que foram realizados as leituras houveram infiltração de água. É importante destacar que mesmo o cachimbo sendo colocado em contato com parte da superfície do porcelanato, se considera maior percolação de água na área da junta de assentamento, pois maior parte da superfície do dispositivo de obtenção dos resultados estava em contato com a junta, e o material rejunte apresenta maior índice de infiltração que o material porcelanato, que possui um índice muito baixo. Desta forma, com os resultados obtidos acima, fez-se gráficos (Gráfico 4 e 5), onde se

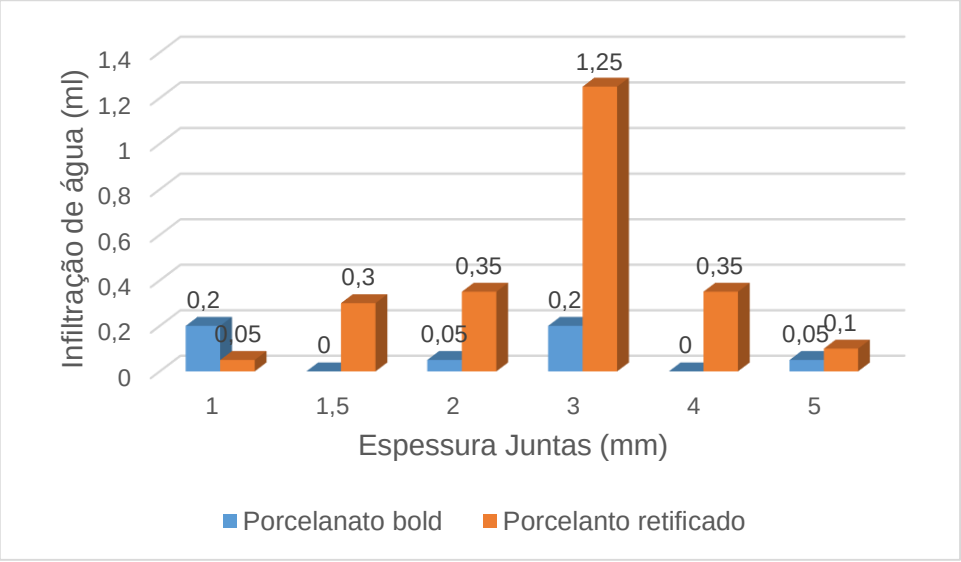
compara a média dos resultados das juntas de mesma espessura, com os dois diferente tipos de porcelanato, *bold* e retificado, para se ver qual junta de assentamento apresentou maior infiltração. O Gráfico 4 é a comparação dos resultados encontrados nas juntas com modo de aplicação convencional do rejunte e o Gráfico 5 é a comparação dos resultados obtidos nas juntas com aplicação de rejunte através de bisnaga (método desenvolvido pela autora).

Gráfico 4 – Comparação dos resultados de infiltração nas juntas de assentamento feitas com método de rejuntamento convencional



Fonte: Autora, 2020.

Gráfico 5 - Comparação dos resultados de infiltração nas juntas de assentamento feitas com método de rejuntamento desenvolvido pela autora



Fonte: Autora, 2020.

Através dos Gráficos 4 e 5 percebe-se que através do modo de aplicação convencional houve mais infiltração de água nas juntas de assentamento do porcelanato retificado, acontecendo o mesmo para maioria das juntas com aplicação de rejunte através de bisnaga. Analisando o modo de aplicação, vê-se que o método desenvolvido pela autora teve melhores resultados para as juntas entre os porcelanatos *bold*, não diferindo assim para o porcelanato retificado, em que apresentou o valor maior de infiltração de água, 1,25 ml para junta de espessura de 3mm.

Mesmo sendo um índice de infiltração baixo, esse fato pode ser explicado pelo rejunte não ser um material com características impermeabilizantes e pelos materiais quando aplicados no conjunto da fachada comportarem-se diferente de quando analisados individualmente. Como já citado em outros tópicos, a infiltração de água num sistema de fachada pode degradá-lo, prejudicando seu funcionamento e desempenho. É importante que se tenha cuidado com esse fato, prevenindo assim futuros problemas.

4.2.4 Determinação da resistência de aderência à tração para argamassa colante

O ensaio de determinação da resistência de aderência à tração para argamassa colante foi realizado conforme indicado por norma e explicado na metodologia acima. Este ensaio tem por finalidade determinar se argamassa colante utilizada para a fixação dos porcelanatos, apresenta uma resistência de tração em conformidade para usá-la em fachadas e paredes, conforme indicada.

Além disso, é de suma importância sabermos se os resultados se enquadram segundo indicação da norma, pois se caso contrário, quando a argamassa for submetida ao esforço mínimo de tração, a placa assentada na mesma sofrerá desplacamento ou até mesmo outras patologias.

Outra conclusão que se pode ter, conforme o resultado obtido, é que se a resistência se apresentar menor que o recomendado, a dosagem dá água, indicada pelo fabricante, pode mostra-se equivocada, pois quanto maior o fator água/cimento, menor a resistência, influenciando assim, na durabilidade da estrutura e infiltração de água.

Nesse sentido, no Quadro 25 está representado os resultados das tensões de ruptura, obtidos para as duas diferentes séries de aplicação de dez placas que foram ensaiadas.

Quadro 26 – Resultados das médias de tensão de ruptura

	CPs	Força de ruptura (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média da Tensão de Ruptura (MPa)
SÉRIE 1	Placa 1	3780,00	0,38	0,48
	Placa 2	6510,00	0,65	
	Placa 3	5510,00	0,55	
	Placa 4	6990,00	0,70	
	Placa 5	4380,00	0,44	
	Placa 6	2510,00	0,25	
	Placa 7	4070,00	0,41	
	Placa 8	6790,00	0,68	
	Placa 9	2300,00	0,23	
	Placa 10	5470,00	0,55	
SÉRIE 2	Placa 11	5400,00	0,54	0,54
	Placa 12	3650,00	0,37	
	Placa 13	6100,00	0,61	
	Placa 14	4840,00	0,48	
	Placa 15	6580,00	0,66	
	Placa 16	4390,00	0,44	
	Placa 17	7200,00	0,72	
	Placa 18	5370,00	0,54	
	Placa 19	5270,00	0,53	
	Placa 20	5020,00	0,50	

OBS: Área da placa = 10000 mm²
- Valores que se distanciaram 20% da tensão de ruptura média

Fonte: Autora, 2020.

Seguindo as orientações da norma (NBR 14081 – 3: 2012), verificou-se para a primeira série os resultados da tensão de ruptura que se distanciasse 20% do resultado da média de tensão de ruptura. Nesse sentido, seis resultados se distanciaram, desconsiderando-se esse ensaio feito para primeira série, pois conforme norma, se mais de cinco resultados se distanciarem, é necessário repetir o experimento. Com isso, repetiu-se o mesmo para a segunda série, onde somente três resultados apresentaram distanciamento de 20% para sua correspondente média.

Sendo assim, pela série 2 se apresentar de acordo com estabelecido, prosseguiu-se, realizando novamente o cálculo da média da tensão de ruptura para

os valores restantes, desconsiderando os três resultados que foram discrepantes. No Quadro 26, visualiza-se a nova média calculada.

Quadro 27 – Resultado média tensão de ruptura série 2

	CPs	Força de ruptura (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média da Tensão de Ruptura (MPa)
SÉRIE 2	Placa 11	5400,00	0,54	0,52
	Placa 12	3650,00	0,37	
	Placa 13	6100,00	0,61	
	Placa 14	4840,00	0,48	
	Placa 15	6580,00	0,66	
	Placa 16	4390,00	0,44	
	Placa 17	7200,00	0,72	
	Placa 18	5370,00	0,54	
	Placa 19	5270,00	0,53	
	Placa 20	5020,00	0,50	

OBS: Área da placa = 10000 mm²
- Valores que se distanciaram 20% da tensão de ruptura média

Fonte: Autora, 2020.

Tomando como base o indicado pela NBR 14081 – 4: 2012, para argamassa do tipo ACIII é indicado que a média da tensão de ruptura seja maior que 1MPa, o que não foi possível se conseguir na argamassa ensaiada, pois a média resultou em um valor de 0,52 MPa. Sendo assim, a argamassa ensaiada está em desacordo com o indicado por norma regulamentadora.

4.2.5 Determinação do tempo em aberto para argamassa colante

Para a realização do presente ensaio e cálculo dos resultados, seguiu-se conforme descrito pela NBR 14081 – 3: 2012 e descrito na metodologia deste trabalho.

O ensaio de determinação do tempo em aberto da argamassa colante é necessário para saber se a argamassa utilizada se apresenta útil para uso, quando aberta por um certo tempo. Nesse sentido, esse ensaio é de suma importância para ver se a argamassa utilizada apresenta-se de acordo com indicado pela norma e se quando aberta pode usá-la após um determinado período, indicado pelo fabricante, sem prejudicar o desempenho do sistema em que foi utilizada.

No Quadro 27 a seguir está representado os resultados da tensão de ruptura para o ensaio de determinação do tempo em aberto da argamassa colante utilizada.

Quadro 28 – Resultados das tensões médias de ruptura para o ensaio de determinação de tempo em aberto

	CPs	Força de ruptura (N)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média da Tensão de Ruptura (MPa)
SÉRIE 1	Placa 1	0,00	0,00	0,42
	Placa 2	0,00	0,00	
	Placa 3	0,00	0,00	
	Placa 4	5300,00	0,53	
	Placa 5	6330,00	0,63	
	Placa 6	6230,00	0,62	
	Placa 7	7100,00	0,71	
	Placa 8	4300,00	0,43	
	Placa 9	6550,00	0,66	
	Placa 10	6280,00	0,63	
SÉRIE 2	Placa 11	0,00	0,00	0,21
	Placa 12	0,00	0,00	
	Placa 13	0,00	0,00	
	Placa 14	0,00	0,00	
	Placa 15	0,00	0,00	
	Placa 16	0,00	0,00	
	Placa 17	0,00	0,00	
	Placa 18	7220,00	0,72	
	Placa 19	7800,00	0,78	
	Placa 20	6230,00	0,62	

OBS: Área da placa = 10000 mm²
- Valores que se distanciaram 20% da tensão de ruptura média

Fonte: Autora, 2020.

Tomando como base o especificado na norma regulamentadora do presente ensaio, nas duas séries ensaiadas mais de cinco amostras apresentaram tensão de ruptura com distanciamento maior que 20% de suas respectivas médias de tensão de ruptura, tendo assim que considerar o ensaio como não conclusivo. Com os resultados adquiridos percebe-se que a argamassa não se apresenta de acordo com estabelecido por norma, que seria um tempo em aberto maior que 20min, e pelo recomendado pelo fabricante até duas horas e meia, podendo prejudicar o sistema onde aplicada.

4.2.6 Determinação do deslizamento para argamassa colante

A determinação do deslizamento para argamassa colante é um ensaio que tem por finalidade verificar se a argamassa utilizada na elaboração de um sistema de revestimento, apresenta capacidade de fixar o revestimento cerâmico, sem que tenha um deslizamento significativo, ou seja, sem prejudicar o assentamento dessas placas em qualquer parede. No Quadro 28 estão expressos os valores encontrados para o deslizamento no ensaio feito.

Quadro 29 - Resultados para o ensaio de deslizamento da argamassa colante

	CP 1	CP 2	CP 3
Leitura inicial (mm)	26,77	25,34	26,49
	26,76	26,38	28,77
Leitura final (mm)	27,69	27,29	28,08
	27,74	28,34	29,42
Deslizamento (mm)	0,92	1,95	1,59
	0,98	1,96	0,65
Média Deslizamento (mm)	1,34		

Fonte: Autora, 2020.

De acordo indicado pela NBR 14081 – 5:2012, os resultados se apresentaram todos em conformidade com a mesma, onde o deslizamento individual de cada leitura foi menor que 2mm e a média foi de 1,34 mm.

4.2.7 Determinação da densidade da massa aparente em estado solto para argamassa colante

A determinação da massa aparente em estado solto da argamassa colante é um ensaio que servirá de parâmetro e, assim como os outros ensaios já elaborados, ajudará a caracterizar a argamassa. Como sabemos, a densidade é inversamente proporcional ao volume, isso significa que, quanto menor o volume ocupado por uma determinada massa, maior será a densidade. Dessa forma, para a argamassa colante, a densidade vai variar conforme os componentes que a constitui, trazendo uma ideia da quantia de cimento e de agregados miúdos que compõem a mesma.

No Quadro 29 está demonstrado os valores obtidos para a densidade da massa aparente em estado solto da argamassa colante.

Quadro 30 – Resultado densidade massa aparente em estado solto da argamassa colante ensaiada

	Amostra 1	Amostra 2
Média densidade - g/cm³	1,71	
Densidade (γ) - g/cm³	1,65	1,78
Massa do recipiente com material (M2) - g	1525,10	1574,80
Massa do recipiente (M1) - g	885,30	
Volume do recipiente (V) - cm³	388,00	

Fonte: Autora, 2020.

Conforme demostrado no Quadro 29 acima, a média das densidades das duas amostras ensaiadas foi de 1,71, mostrando que a argamassa colante tipo ACIII escolhida para realização dos procedimentos apresenta o referido dado de parâmetro para outros estudos.

4.2.8 Determinação da absorção do porcelanato

O ensaio de determinação da absorção do porcelanato tem por função mostrar quanto que a placa porcelanato absorve de água, podendo-se avaliar se o porcelanato está em conformidade com o indicado por norma regulamentadora. A avaliação desse dado auxilia na descoberta se o determinado porcelanato escolhido comportar-se-á corretamente no sistema de fachadas, pois quando apresenta uma maior absorção do que indicado por norma esse pode expandir-se, aumentar de tamanho e, desplacar-se da parede.

No Quadro 30 a seguir, será apresentado os dados da absorção encontrados para o porcelanato do tipo retificado e *bold*, sendo cinco amostras para cada.

Quadro 31 – Resultados de absorção para os porcelanatos retificado e *bold*

Absorção Porcelanato Retificado			
CPs	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Absorção (%)
1	1405,40	1406,20	0,06
2	1541,60	1542,20	0,04
3	1454,40	1455,20	0,06
4	1461,50	1463,00	0,10
5	1467,10	1467,30	0,01
Média	-	-	0,05

Absorção Porcelanato Bold			
CPs	Massa seca (g)	Massa Úmida (g)	Absorção (%)
1	1135,70	1135,90	0,02
2	1103,50	1104,10	0,05
3	1103,80	1104,30	0,05
4	1130,40	1131,30	0,08
5	1103,20	1103,70	0,05
Média	-	-	0,05

Fonte: Autora, 2020.

Conforme expresso no Quadro 30 acima, todos resultados foram aceitos de acordo com a NBR 13818:1997, pois segundo mesma a norma, resultados de absorção individuais abaixo de 0,6 % e média abaixo de 0,5% estão em conformidade.

4.2.9 Determinação da carga e módulo de resistência à flexão do porcelanato

O ensaio de determinação da carga e módulo de resistência à flexão do porcelanato tem por objetivo mostrar quanto a placa de porcelanato ensaiada resiste a esses esforços.

Conforme os dados obtidos é possível saber se a placa se apresenta em conformidade com relação à norma regulamentadora que especifica e determina os resultados limites para esse experimento. É importante mencionar que se o porcelanato possuir uma carga de ruptura e módulo de resistência à flexão menor do que o recomendado, significa que o corpo da placa tem maior porosidade, diminuindo a resistência desse frente à esforços solicitante e favorecendo a infiltração e percolação de fluídos, mais propriamente água.

No Quadro 31 a seguir está representado os resultados da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão para as 14 amostras de porcelanatos ensaiados.

Quadro 32 - Resultados da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão porcelanatos

PORCELANATOS *BOLD*		
CPs	**Força de Ruptura (N)**	**Módulo de Resistência à Flexão (MPa)**
1	1113,8	53,46
2	1157,7	55,57
3	1133	54,38
4	1137,8	54,61
5	1178,3	56,56
6	1149,5	55,18
7	1039	49,87
Média	-	**54,23**
OBS: Largura entre apoios: 480 mm Largura do corpo-de-prova: 150mm		

PORCELANATOS RETIFICADO		
CPs	**Força de Ruptura (N)**	**Módulo de Resistência à Flexão (MPa)**
1	1226,4	44,15
2	1370,5	49,34
3	1387,6	49,95
4	1558,5	56,11
5	1523,5	54,85
6	1286,1	46,30
7	1467,9	52,84
Média	-	**50,51**
OBS: Largura entre apoios: 480 mm Largura do corpo-de-prova: 200mm		

Fonte: Autora, 2020.

Percebe-se que nem todos resultados obtidos estão de acordo com o que regulamenta a NBR 13818:1997. Todas forças de ruptura do porcelanato *bold* e duas das amostras do porcelanato retificado deram menores que 1300 N, mostrando-se em desconformidade com o estabelecido pela referida norma. Porém, já as médias do módulo de resistência de ruptura deram acima de 35 MPa, e os módulos de resistências de ruptura individual deram acima de 32 MPa, demostrando que as placas de porcelanato estão em conformidade com esse quesito.

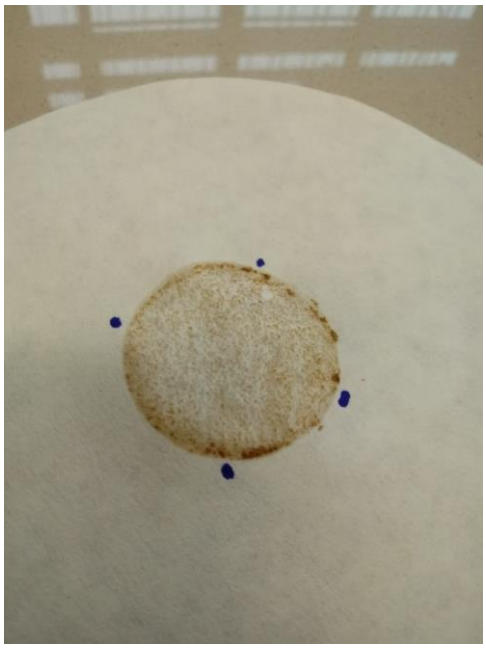
4.2.10 Determinação da retenção de água da argamassa de rejuntamento

Para a realização do presente ensaio seguiu-se orientações da norma que regulamenta o mesmo e os passos conforme descrito na metodologia deste trabalho. O experimento tem importância por mostrar quanto o material rejunte retém de água, umidade, mostrando se o mesmo apresenta-se em consonância com o indicado por normatização, sem prejudicar o sistema onde aplicado.

A determinação da retenção de água da argamassa de rejuntamento, como já explicado anteriormente, é descoberta pela média de quatro diâmetros medidos no instante 10 min após ao contato da argamassa de rejuntamento com o papel filtro, sabendo assim quanto o papel filtro absorveu de água. No entanto, na realização do

presente experimento, não houve aumento de diâmetro no papel filtro, referente a presença de umidade, como se pode visualizar na Figura 71 a seguir.

Figura 71 – Configuração diâmetro ensaio de retenção do rejunte



Fonte: Autora, 2020.

O resultado nulo pode ser explicado pela argamassa de rejuntamento não apresentar água em sua composição, somente a resina líquida. Mesmo o resultado apresentando-se zero, conclui-se que o rejunte apresenta-se em conformidade com a norma, que orienta que para argamassa de rejuntamento do tipo II o resultado deve-se apresentar menor ou igual a 65mm.

4.2.11 Determinação da variação dimensional da argamassa de rejuntamento

O ensaio de determinação da variação dimensional da argamassa de rejuntamento foi realizado conforme indicado em norma e explicado na metodologia acima. O referido experimento tem por objetivo examinar se a argamassa de rejuntamento utilizada em um dado sistema de revestimento, não apresenta uma retração ou expansão maior que o estabelecido por norma.

Caso a amostra apresentar uma retração maior que o especificado, a argamassa quando aplicada em um conjunto pode comprometer o mesmo, pois o rejunte não preencherá toda junta de assentamento, apresentando falhas nas juntas de

assentamento, o que pode proporcionar infiltração e outras patologias interligadas a presença de água, como até mesmo a eflorescência. E se a argamassa tiver maior expansão, essa também prejudicará o sistema onde aplicada, proporcionando o desplacamento da placa cerâmica, pois a argamassa exercerá esforços na mesma, como de compressão, o que levará ao aparecimento da patologia. No Quadro 32 a seguir estão representados os valores de variação dimensional dos cinco corpos-de-prova ensaiados.

Quadro 33 - Resultado do ensaio de variação dimensional

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Leitura inicial (mm)	285,30	285,30	285,70	285,70	285,30
Leitura final (mm)	285,19	285,12	285,48	285,57	285,15
Retração ou expansão (mm/m)	0,44	0,72	0,88	0,52	0,60
OBS: Todos resultados sofreram retração					

Fonte: Autora, 2020.

Analisando os resultados, percebeu-se que todos corpos-de-prova ensaiados apresentaram retração, sendo essa enquadrada no que a NBR 14992:2003 indica, menor ou igual a módulo de 2 mm/m, aprovando-se assim a argamassa de rejuntamento para esse ensaio.

4.2.12 Determinação da resistência à tração na flexão da argamassa de rejuntamento

Realizar o ensaio de determinação da resistência à tração na flexão da argamassa de rejuntamento significa saber, quanto a mesma resiste ao esforço de tração na flexão no sistema onde aplicada, sem mostrar fissuras e consequentemente, não prejudicando o conjunto onde empregada. No momento em que essa argamassa apresentar qualquer patologia, a mesma não terá um desempenho satisfatório, pois além desse fato, surgirá outros problemas interligados a primeira manifestação patológica ocasionada. No Quadro 33, está demonstrado os valores calculados para a resistência à tração na flexão para cinco amostras, com base no ensaio feito.

Quadro 34 – Resultados do ensaio da resistência à tração na flexão da argamassa de rejuntamento

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Média das Resistências à tração na flexão (MPa)	6,09				
Resistência à tração na flexão (MPa)	4,81	6,03	6,65	5,72	7,24
Carga no momento de ruptura (N)	218,00	273,00	301,00	259,00	328,00
Distância entre apoios: 230mm Largura do corpo-de-prova: 25mm Altura do corpo-de-prova: 25mm					

Fonte: Autora, 2020.

De acordo com o que se observa no quadro acima, percebe-se que o resultado da média das resistências à tração na flexão está em conformidade com o que a norma regulamentadora exige, pois apresentou um resultado médio acima de 3MPa para a argamassa de rejuntamento tipo II ensaiada.

4.2.13 Determinação da resistência à compressão da argamassa de rejuntamento

Este ensaio consistiu na determinação da resistência à compressão da argamassa de rejuntamento utilizada para elaboração dos protótipos de paredes, construídos para verificar outras características a ser analisadas na fachada. Possuir informação sobre esse teste, significa saber o valor que a argamassa resiste a esforços de compressão que são exercidos no sistema de fachada, sendo de extrema importância para a averiguação do desempenho desta no conjunto a ser aplicada.

No Quadro 34 estão demonstrados os valores da resistência à compressão dos corpos-de-prova ensaiados e sua média, e o desvio relativo máximo.

Quadro 35 - Resultado da resistência à compressão da argamassa de rejuntamento

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Cargas de Ruptura à Compressão (N)	18044,24	16475,15	17259,70	17750,04	16867,44
Resistência à compressão do corpo-de-prova (MPa)	9,19	8,39	8,79	9,04	8,59
Resistência média á compressão (MPa)	8,80				
Desvio Relativo Máximo	4,65				
OBS: Área corpo-de-prova: 1963 mm²					

Fonte: Autora, 2020.

Conforme já visto e indicado pela NBR 14992:2003, para argamassa de rejuntamento do tipo II, a resistência à compressão deve apresentar resultado maior ou igual a 10 MPa. Porém, segundo o Quadro 34 demonstrado acima a média desse resultado, para os cinco corpos-de-prova ensaiados, foi abaixo do referido valor, indicando que a argamassa ensaiada não está em conformidade com esse tipo de ensaio.

4.2.14 Determinação da água por capilaridade da argamassa de rejuntamento

O presente ensaio analisa quanto a argamassa de rejuntamento absorve de água capilarmente, mostrando se os resultados apresentados estão de acordo com o estabelecido por norma regulamentadora. Caso o resultado apresenta-se acima do que o estabelecido, significa que a argamassa mostra-se com grande quantidade de poros, vazios, facilitando a percolação de água no interior da mesma, trazendo prejuízos ao conjunto onde for aplicada. No Quadro 35 a seguir está demostrado os valores da absorção por capilaridade para os três corpos-de-prova ensaiados.

Quadro 36 – Resultados absorção por capilaridade argamassa rejuntamento

Aborção de água por capilaridade											
CPs	Massa Seca (g)	Instante (min)					Instante (min)				
		60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
		Massa Úmida (g)					Absorção por capilaridade (g/cm³)				
1	303,60	306,70	308,90	310,80	312,90	314,60	0,16	0,27	0,37	0,47	0,56
2	305,00	308,30	310,10	311,80	313,70	315,10	0,17	0,26	0,35	0,44	0,51
3	304,40	307,80	309,60	311,60	313,00	314,50	0,17	0,26	0,37	0,44	0,51
Média	-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,53
OBS: Área seção transversal= 19,63 cm²											

Fonte: Autora, 2020.

Conforme visualiza-se no Quadro 35 acima, a argamassa de rejuntamento não está de acordo com especificado por norma para este ensaio, pois a NBR14992:2003 estabelece que para argamassa de rejuntamento do tipo II a absorção por capilaridade aos 300 min deve ser menor ou igual a 0,3 g/cm³.

4.2.15 Determinação da permeabilidade da argamassa de rejuntamento

O ensaio de determinação da permeabilidade da argamassa de rejuntamento serve para avaliar quanto de água é permeável no material, podendo assim, conforme os resultados obtidos, constatar se a argamassa apresenta-se de acordo com o estabelecido por normatização técnica. Caso o resultado se mostrar acima do indicado por norma, o material não se enquadra para o uso, pois poderá prejudicar o desempenho do sistema onde aplicado, favorecendo à entrada de líquidos e aparecimento de manifestações patológicas.

No Quadro 36 a seguir, está demostrado os resultados de permeabilidade, obtidos para quatro corpos-de-prova da argamassa de rejuntamento utilizada. Os valores lidos foram sendo acumulados em cada instante de leitura, tornando o instante 240 min o valor total de percolação de água em cada amostra.

Quadro 37 – Resultados do ensaio de permeabilidade da argamassa de rejuntamento

Permeabilidade argamassa de rejuntamento (cm³)				
CPs	Tempo (min)			
	60	120	180	240
1	0,00	0,10	0,10	0,10
2	0,00	0,10	0,10	0,20
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,10	0,20	0,30	0,40
Média	0,03	0,10	0,13	0,18

Fonte: Autora, 2020.

Conforme observa-se no Quadro 36, todos resultados foram aprovados, mediante recomendação da NBR 14992:2003, que especifica que para argamassa de rejuntamento do tipo II a permeabilidade aos 240 min deve ser menor que 1 cm³, aceitando-se assim os valores obtidos.

4.3 Manifestações patológicas encontradas nos protótipos de paredes

Construídos os protótipos de paredes com os dois diferentes tipos de porcelanato, retificado e *bold,* seguindo indicações de normas regulamentadoras e especificações técnicas de fabricantes, referente a execução e tempo de cura de cada material utilizado, após quatro meses de conclusão dos sistemas, percebeu-se o aparecimento da manifestação patológica eflorescência, conforme se pode visualizar na Figura 72 a seguir.

Figura 72 – Eflorescência encontradas nos protótipos de paredes construídos para experimentos

Fonte: Autora, 2020.

A patologia encontra-se entre uma junta de assentamento de espessura de 1,5mm no porcelanato tipo retificado. Como já mencionado, seguiu-se todas recomendações técnicas existentes para execução dos protótipos de paredes, portanto com os ensaios realizados em loco, percebeu-se que no lugar onde a eflorescência se encontra, a junta de assentamento não estava completamente preenchida pela argamassa de rejuntamento, facilitando a entrada de água. Outro fator que pode se destacar é que se fez o ensaio de tração de uma das amostras do ensaio de arrancamento realizado na parede, coincidindo bem em cima de onde encontra-se o problema, e o resultado foi abaixo do recomendado por norma, ocorrendo a ruptura na camada de argamassa colante. Todo esse fato pode favorecer o aparecimento da eflorescência, pois a argamassa quando pouco resistente, apresenta maior quantidade de vazios, facilitando a percolação de água em seu interior, o que ajuda no aparecimento da patologia.

Na Figura 73 a seguir é possível ver o ensaio de arrancamento onde se encontra a eflorescência e a junta de assentamento não preenchida corretamente pela argamassa de rejuntamento.

Figura 73 – Ensaio de arranchamento e preenchimento junta de assentamento onde se localiza eflorescência

Fonte: Autora, 2020.

Vale ressaltar, que para o tipo de porcelanato utilizado, a junta recomendada é a de 1,5mm, mostrando-se não eficiente para a aplicação em fachadas.

5 CONCLUSÕES

O sistema de fachadas com porcelanato aderido constitui um sistema construtivo novo, mas, bastante utilizado por proporcionar uma diversificação arquitetônica. Com tudo, mesmo sendo bastante empregado, não apresenta normatização técnica que regulamenta sua correta aplicação e execução, contribuindo para o uso de diversas metodologias e técnicas de construção, muitas vezes inadequadas, que favorecem o surgimento de patologias, principalmente a eflorescência. Com isso, fez-se um levantamento experimental, abrangendo desde visitas *in loco* até ensaios em laboratório, a fim de contribuir para um melhor entendimento dos diferentes procedimentos de execução desse tipo de revestimento em fachadas e analisar qual a melhor configuração para minimizar a manifestação patológica da eflorescência.

Foram realizadas visitas em diferentes obras da região, que utilizaram o porcelanato em suas fachadas. Foi possível ver através da Obra 1, que utilizou o porcelanato do tipo bold, com transpasse entre placas de 20% do comprimento da peça e junta de assentamento com espessura de 5mm, seguindo especificações técnicas e orientação do projeto de fachada que, o mesmo configura-se com mínimas manifestações patológicas, demonstrando ser eficiente e com bom desempenho. Em contraponto, ao que foi observado nos outros empreendimentos visitados (Obra 2 e 3), que são construções relativamente novas que constantemente passam por manutenções, apresentam grande índice de eflorescência em suas superfícies. Essa diferença existente do comportamento e desempenho das fachadas analisadas pode ser explicada pelo método de aplicação do revestimento em questão, pois os dois sistemas que se configuram com maior índice de eflorescência são construídos com porcelanato retificado, com juntas de assentamento com espessuras finas, que prejudicam a aplicação do rejunte e proporcionam a má funcionalidade do sistema. Além disso, o transpasse entre peças de porcelanato em 50%, favorece a infiltração de água na fachada, pois como existe um abaulamento nas placas de porcelanato, com esse transpasse ocorre maior saliência entre as peças, propiciando a percolação de água no sistema. Pode-se ver como é importante o cuidado e atenção em um projeto de fachadas, seguindo orientações técnicas, contribuindo assim para o desempenho e o correto funcionamento da fachada.

Por meio de ensaios experimentais executados em protótipos de paredes construídos, foi possível ver que em juntas de assentamento com espessura menor

que 3mm, a argamassa de rejuntamento não preenche por completo a abertura, deixando parte do sistema com vazios, o que favorece a infiltração de água. Através do ensaio de infiltração os resultados mostraram-se mais adequados nas paredes revestidas com porcelanato do tipo *bold*, revelando que o mesmo é mais indicado para ser aplicado em fachadas, pois como suas bordas tem configuração arredondadas, facilita na aplicação do rejunte o que, consequentemente, traz benefícios ao comportamento do sistema, além de suas juntas de assentamento serem indicadas, em catálogos de fabricantes, com espessura de 3mm. Nenhum ensaio de arrancamento foi aprovado em nenhuma superfície de parede, apresentando ruptura de 90% das amostras na camada da argamassa colante, o que pode ser explicado pela mesma não exibir resistência correta, conforme indicado por norma regulamentadora, ao passo que em outros ensaios feitos com a argamassa, separadamente, como o ensaio de tração e de tempo em aberto, nenhum resultado se apresentou aprovado. Essa questão pode prejudicar o desempenho da fachada, pois quanto menos resistente uma camada se apresentar, mais porosa ela é, facilitando a infiltração de fluidos no seu interior. É importante destacar que entre os dois método de aplicação do rejunte, não houve diferença nos resultados dos ensaios, mostrando imparcialidade no uso dos dois métodos.

Ademais, pelos materiais não apresentarem o mesmo comportamento isoladamente, em relação a quando analisados em um conjunto, fez-se necessária a realização de ensaios para assim avaliar o desempenho de cada material aplicado nos protótipos de fachadas. Foi possível ver que o material porcelanato apresenta-se parcialmente em conformidade com as indicações da regulamentação técnica do mesmo, pois em relação a força de ruptura nenhuma amostra do porcelanato *bold* aprovou e, somente, duas amostras do porcelanato retificado foi aprovada, não se apresentando em conformidade referente a esse quesito. Já a argamassa de rejuntamento apresenta resultados de permeabilidade por capilaridade e resistência à compressão em desacordo com o especificado por norma, o que pode explicar os resultados de infiltração de água ocorridos no ensaio de permeabilidade nos protótipos de paredes, pois o rejunte apresenta-se mais poroso do que o indicado. Já para a argamassa colante, os ensaios de tração e tempo em aberto não foram aprovados, o que pode explicar a não aprovação dos ensaios de arrancamento nos protótipos de paredes, como já mencionado anteriormente.

Como a patologia eflorescência surge pela combinação entre a presença de água, sais e porosidade dos materiais constituintes do sistema de fachadas adotado, é importante ter o cuidado de prevenir a infiltração e percolação de água no conjunto. Para tanto, deve-se prezar pelo correto desempenho dos materiais, utilizando elementos de revestimento e materiais para a sua fixação e acabamento pouco porosos, além do indispensável acompanhamento da execução, para garantir a adoção de adequados procedimentos construtivos. Com o estudo, constata-se que o porcelanato mais adequado é o porcelanato tipo *bold*, aplicado com juntas de assentamento com espessura de 3mm ou mais, e transpasse entre peças de 20%, além de materiais com alta resistência, ou seja, menos porosos, com até mesmo características impermeabilizantes, como rejuntes já existentes com essa propriedade. Foi possível concluir que por conta de o material porcelanato apresentar menos porosidade, o líquido composto por água acrescida de sais, que proporciona a eflorescência, escorre na sua superfície, não infiltrando no corpo do material e proporcionando os manchamentos, diferente das peças cerâmicas com mais porosidade, que absorvem o líquido composto, não apresentando elevado índice de eflorescência. O material porcelanato é mais indicado para superfícies internas, que não estão submetidas a intempéries, tendo assim um melhor desempenho. De forma semelhante a qualquer outro sistema construtivo, é de extrema importância existir um projeto para a execução de fachadas com porcelanato aderido, regido de normatização técnica, que regulamenta o tipo de execução, delimitando o mais correto modo de aplicação do material. É essencial que se conheça o desempenho dos materiais aplicados, verificando sempre sua condição de comportamento quando submetidos a um conjunto, destacando-se em uma fachada, sua posição solar, clima onde construída, tipo e condições de cura de cada etapa que a constitui.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem outros estudos que podem ser feitos para assim complementar esse trabalho, dentre os quais pode-se citar:

- Analisar o impacto de diferentes tipos de agregado miúdo e granulometrias na execução de fachadas com revestimento de porcelanato aderido, sobre o aparecimento da manifestação patológica eflorescência;
- Analisar o índice de incidência de patologias de uma fachada com porcelanato aderido, comparado a uma fachada com outro tipo de revestimento;
- Comportamento térmico e higroscópico de uma fachada que usa esse tipo de revestimento;
- Materiais e novas tecnologias de construção que previnam a patologia eflorescência.

REFERÊNCIAS

ABERLE, T.; KELLER, A.; ZURBRIGGEN, R. *Efflorescence. Mechanisms of formation and ways to prevent*. 2º Congresso Nacional de Argamassas para Construção - APFAC, Lisboa, 2007.

AHMAD, A. G.; RAHMAN, H. F. A. *Treatment of Salt Attack and Rising Damp in Heritage Buildings in Penang*, Malaysia. Journal of Construction in Developing Countries, v. 15, n. 1, p. 93–113, 2010.

ANFACER. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos. Disponível em <www.anfacer.org.br>. Acessos em 04 de agosto e 30 de agosto de 2019.

ANTUNES, G. R. *Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos*. 178p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Tecnologia. UnB, Brasília, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13749*: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

_____. *NBR 13755*: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

_____. *NBR 13816*: Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

_____. *NBR 13817*: Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. *NBR 13818*: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

_____. *NBR 14081 – 1*: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 14081 – 2*: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 14081 – 3*: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 14081 – 4*: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 14081 – 5*: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 5: Determinação do deslizamento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 14086*: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da densidade da massa aparente. Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 14992:* A.R. - Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR 15463*: Placas cerâmicas para revestimento — Porcelanato. Rio de Janeiro, 2013.

AZEREDO, Hélio Alves de. *O edifício e seu acabamento*. São Paulo: Edgard Blücher, 1987.

BAUER, ET AL. *Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília*. Cerâmica, Brasília - Df. 2015.

BEM, Diogo Henrique de. *Efeito da adição de pozolanas e da cal hidratada na incidência de eflorescência medida através de ensaios acelerados em argamassas.* Dissertação de pós-graduação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

BIFFI, G. *O grês Porcelanato – Manual de fabricação e técnicas de emprego*. São Paulo: Editora Faenza do Brasil Ltda, 2002.

BRITZ, Alexandre. *Diretrizes para especialização de pinturas externas texturizadas acrílicas em substratos de argamassa*. Dissertação (mestrado) em construção civil. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

CAMPANTE, Edmilson Freitas; BAÍA, Luciana Leone Maciel. *Projeto e execução de Revestimento Cerâmico*. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa Editora Ltda., 104 p. 2008.

CASCUDO, Oswaldo; CARASEK, Helena. Durabilidade do Concreto. 1. Ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

Catálogo Geral Eliane, 2019. Disponível em: < www.eliane.com >. Acesso em: 28 de agosto de 2019.

CHWAST, J.; TODOROVIC, J.; JANSSEN, H.; ELSEN, J. *Gypsum efflorescence on clay brick masonry: field survey and literature study*. Construction and Building Materials, vol 85, pp. 57-64, 2015.

ConstruFacilRJ. *O que é o revestimento cerâmico*, 2013. Disponível em: < https://construfacilrj.com.br/o-que-e-o-revestimento-ceramico/ >. Acesso em: 4 de agosto setembro de 2019.

FazFácil. *Tipos de umidade nas paredes*, 2019. Disponível em: < https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tipos-de-umidade-paredes/ >. Acesso em: 16 de agosto de 2019.

FIGUEIREDO JUNIOR, Geraldo Josafá de. *Patologias em revestimentos de fachadas-diagnóstico, prevenção e causas: Diagnóstico; prevenção e causas*. 2017.

Furlan Engenharia e Arquitetura, 2014. Disponível em: < http://furlanengenhariacalculoestruturas.blogspot.com/2014/02/chapisco-emboco-e-reboco-qual-diferenca.html >. Acesso em: 4 de agosto de 2019.

GALLETO, Adriana; ANDRELLO, José Mario. *Patologias em fachadas com revestimentos cerâmicos*. João Pessoa – PB, Junho. 2013.

GRANATO, J. E. *Patologia das fachadas revestidas de cerâmica e granito*. São Paulo: Viapol, 2005.

HAYRTON. *As patologias em revestimentos cerâmicos*, 2019. Disponível em: < https://revistaadnormas.com.br/2019/06/18/as-patologias-em-revestimento-ceramico/ >. Acesso em: 03 de sembro de 2019.

HECK, C. *Porcelanato*. In: Revista Cerâmica Industrial, v. 1, n. 4-5,1996.

JUNGINGER, MAX. *Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis*. Edição Revisada. 141 p. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: 2003.

JUNIOR, H.S. *Contribuição ao estudo dos revestimentos argamassados externos em substratos de concreto com vistas à minimização da geração de resíduos*. Dissertação (mestrado em qualidade ambiental). Centro Universitário Feevale, Nova Hamburgo: 2008.

LINHARES, B. et al. *Humidade em Edifícios Intervenções*. 28 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2012.

LUCENA, A. D.; RIBEIRO, I. J. C.; BARBOSA, G. E.; SILVA, E.; SILVA, O.; ARAÚJO, D. T. R. *Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências*. Revista Principal, n° 38, 22 de março de 2017.

LUZ, Marcos de Almeida. *Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada em três estudos de caso na cidade de Balneário Camboriú*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MANSURA, ET. AL. *Mapeamento de patologias em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas*. Construindo, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, Jan/Jun. 2012.

Manual de Assentamento de Revestimentos Cerâmicos: fachadas, 2011. Disponível em: < https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/manual-de-assentamento-de-revestimentos-cerc3a2micos.pdf >. Acesso em: 5 de setembro de 2019.

MARANHÃO, Flávio Leal; SILVA, Angelo Just da Costa e; MEDEIROS, Jonas silvestre. *Building facades with porcelain stoneware tiles in Recife – Brazil*. Qualicer 2006, Castellón – Espanha, 2006.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, L. S. *Tecnologia de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*. Boletim Técnico BT / PCC 246. Departamento de Engenharia de Construção. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 1999.

MENEGAZZO, A.P.M.; LEMOS, F.L.N.; PASCHOAL, J.O.A.; GOUVEA, D.; CARVALHO, J.C.; NÓBREGA, R.S.N. *Grês Porcelanto. Parte I: Uma Abordagem Mercadológica*. In: Revista Cerâmica Industrial, nº 5 (5), setembro/outubro 2000.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. *Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção - revisão*. Cerâmica: Campina Grande – PB, n°52, 2006.

MMC PRJETOS E CONSULTORIA. *Manual de Especificações Técnicas e Recomendações de Revestimentos Externos*. Porto Alegre, 2017.

MUNIZ, A. F. *Revestimento de piso com Porcelanato: Estudo sobre Especificação e Execução baseado nas percepções dos Profissionais envolvidos*. Dissertação mestrado. Vitória – ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

MUNIZ, Andréia Fernandes; TRISTÃO, Fernando Avancini. Porcelanato: Estudo Sobre a Especificação e a Execução Baseado na Análise de Catálogos de Fabricantes e na Percepção dos Profissionais de Projetos e de Execução de Obras. Cerâmica Industrial, Vitória – ES, v. 18, n. 2, p.1-11, março/abril 2013.

OLEARE, Kleber Augustinho. *Patologia no Revestimento Cerâmico de Fachada em Edificação da Região Administrativa de Águas Claras*. Revista On-line Ipog Especialize, Brasília - Df, n. 12, p.1-21, 9 dez. 2015.

OLIVEIRA, C. R.; SOUZA, M. R. *Ações preventivas para evitar a eflorescência*. CBECIMAT: Joinville – SC, 2012.

OLIVEIRA, Leonardo Tonhá de. *Revestimento cerâmico: procedimentos e patologias*. Revista On-line Ipog Especialize, Goiânia - Go, v. 14, n. 8, p.1-15, 1 dez. 2017.

PEZZATO, Leila Maria. *Patologias no sistema de revestimento cerâmico: um estudo de caso em fachadas*. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

Portobello, 2019. Disponível em: < https://www.portobello.com.br/produtos >. Acessos em: 16 e 20 de agosto de 2019.

PUIM, P. G. A. C. *Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos.* Dissertação mestrado. Instituto superior técnico Universidade Técnica de Lisboa, outubro, 2010.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. *Conhecendo Argamassa. – Dados Eletrônicos* - . 2. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

Reunion internationale des laboratoires d'essais et de recherches sur les materiaux et les constructions. *RILEM II.4*. Measurement of water absorption under low pressure. 1987. Lawrence.

RIBEIRO. Fabiana Andrade. *Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*. Dissertação mestrado apresentado à Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. de. *Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas*. São Paulo: PINI, 2010.

SALLES NETO, Moacyr. Estudo do mecanismo de formação de florescência em revestimentos de argamassa aplicados a substrato cerâmico e o efeito de barreira. Dissertação de mestrado – Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília. Brasília – DF, Junho. 2010.

SANCHEZ, E. et al. *Efeito da Composição das Matérias-Primas Empregadas na Fabricação de Grês Porcelanato Sobre as Fases Formadas Durante a Queima e as Propriedades do Produto Final*. In: Revista Cerâmica Industrial, nº 6 (5), setembro/outubro 2001.

SANCHEZ, E. *Considerações Técnicas sobre Produtos de Revestimento Porcelânico e seus Processos de Manufatura*. Parte I. In: Revista Cerâmica Industrial, nº 8 (2), março/abril 2003.

SANTOS, P. H. C.; SILVA FILHO, A.F. *Eflorescência: causas e consequências*. Salvador: [s.n.], 2008.

SILVA, Felipe Da Silva. *Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: Estudo de caso em edifícios em Florianópolis*. Dissertação de mestrado. Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 2007.

UEMOTO, Kay Loh. *Projeto, execução e inspeção de pinturas*. 2. Ed. São Paulo: Editora Nome da Ros, 2005.

VIVONA, D. *Visão, Desafios e Novos Rumos da Cerâmica de Revestimento*. In: Cerâmica Industrial, 5 (2) Março/Abril, 2000.

YAZIGI, Walid. *A técnica de edificar*. 10 ed. rev. e atual. São Paulo: Pini: Sinduscon, 2009.

ANEXOS

ANEXO 1: Check list para aplicação em obras

1- Dados obra				
a) Local:				b) Data:
CHECK LIST				
DESCRIÇÃO	**SIM**	**NÃO**	**N/A**	**COMENTÁRIOS**
1) Patologia eflorescência				
2) Aparecimento de bolor (fungos, algas, etc)				
3) Desplacamento				
4) Fissuras				
5) Gretamento				
6) Trincas				
7) Deterioração de juntas de assentamento				
8) Aparecimento de umidade				
9) Simetria das juntas de assentamento				
10) Planeja do assentamento do revestimento				
11) Existência de todas camadas exigíveis para um revestimento externo aderido				
12) Manutenção da edificação				

Fonte: Autora, 2020.

2) Questionário com perguntas abertas:

1) Existe impermeabilização? Onde e qual tipo?

2) Idade da obra?

3) Espessura da junta de assentamento?

4) Tipo de porcelanato, se é bold ou retificado?

5) Altura da obra?

6) Posição solar da fachada?

7) Profundidade da junta de assentamento?

8) Outro diferente tipo de patologia: