

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARCO ANTONIO CORAL FORMAGIO

**ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE PLACAS
CERÂMICAS EM PLACAS CIMENTÍCIAS E OSB**

CAMPO MOURÃO

2021

MARCO ANTONIO CORAL FORMAGIO

**ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE PLACAS
CERÂMICAS EM PLACAS CIMENTÍCIAS E OSB**

Trabalho apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dr(a). Fabiana Goia Rosa de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ANÁLISE DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE PLACAS CERÂMICAS EM PLACAS CIMENTÍCIAS E OSB

por

Marco Antonio Coral Formagio

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19h00min do dia 28 de abril de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Jorge Luis Nunes De Goes

(UTFPR)

Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza

(UTFPR)

Prof. Dr(a). Fabiana Goia Rosa de Oliveira

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, saúde e pela possibilidade de participar de uma universidade.

Agradeço aos meus pais, pelo financiamento de meus gastos durante a graduação, e principalmente a minha mãe, pelo incentivo, apoio e ter me ensinado a importância do conhecimento na vida de uma pessoa.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade de cursar em uma universidade pública, gratuita e de qualidade.

A Prof. Dra. Fabiana Goia Rosa de Oliveira pelo tempo e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho e todos os ensinamentos durante a faculdade. Ao técnico de laboratório Fábio Krüger, pelo auxílio laboratorial na execução dos ensaios.

Por fim, agradeço aos meus amigos: Ana Lara, Diogo, Jocileila, Tawane e Vitória, pelo apoio, troca de conhecimentos e todos momentos vividos juntos durante esse período longe de nossas famílias.

RESUMO

Visto o grande déficit habitacional brasileiro, a busca por novos materiais eficientes e mais baratos é crucial para redução dessa carência de moradia. Por isso, neste trabalho, foi realizado testes para verificar a aderência de placas cerâmicas em diferentes substratos: a placa cimentícia e o OSB. Esses dois substratos podem ser utilizados como fechamentos de paredes ou fechamento de lajes secas nas tecnologias construtivas *wood-frame* e *steel-frame*. Vale ressaltar que, estes métodos construtivos são mais ecológicos, conhecidos como construções secas, não utilizam grande quantidade de água, e a produção de entulho é menor se comparado a métodos mais triviais. A análise foi realizada de acordo com a NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2012) que normatiza os testes de arracamento de placas cerâmicas. Na norma brasileira, o substrato padrão utilizado é a placa de concreto, como o intuito do trabalho é avaliar outros substratos utilizou-se o OSB e a placa cimentícia, e no final comparou-se o desempenho entre eles. Para execução, foi desenvolvido uma parede protótipo dupla face em *drywall*, com dimensões de 63,8 cm de largura, e 120 cm de altura, e fixado em suas duas faces maiores o OSB e a placa cimentícia. Após isso, demarcou-se a área de assentamento das placas cerâmicas e assentou-as com argamassas dos tipos AC I e AC II. Decorrido o tempo de cura de 28 dias, executou-se o arracamento das cerâmicas com auxílio de uma máquina de tração. Os resultados dos ensaios foram processados e avaliados, conclui-se que a resistência de aderência da placa cerâmica com o substrato placa cimentícia é insatisfatória, pois os dois tipos de argamassa obtiveram resistência inferior a 10% do mínimo exigido pela norma, neste substrato a argamassa AC II, teve uma ligeira vantagem na força necessária de tracionamento. Já substrato tipo OSB, a resistência de aderência foi igual a zero em todos os ensaios com todas argamassas. Uma hipótese para esse resultado foi a interferência de adesivos fenólicos utilizado na fabricação do OSB, na ancoragem da placa cerâmica.

Palavras chave: OSB, placa cimentícia, argamassa, placa cerâmica, resistência a aderência.

ABSTRACT

Given the large housing deficit in Brazil, the search for new efficient and cheaper materials is crucial to reduce this housing shortage. Therefore, in this work, tests were carried out to check the adherence of ceramic plates on different substrates: the cementitious board and the OSB. These two substrates can be used as wall closures or dry slabs closing in the wood-frame and steel-frame construction technologies. It is worth mentioning that, these construction methods are more ecological, known as dry constructions, do not use a large amount of water, and the production of rubble is less when compared to more trivial methods. The analysis was carried out in accordance with NBR 14081-4 (ASSOCIAÇÃO ..., 2012), which standardizes the testing of ceramic tile placement. In the Brazilian norm, the standard substrate used is the concrete slab, as the purpose of the work is to evaluate other substrates, the OSB and the cementitious board were used, and in the end the performance between them was compared. For execution, a double-sided drywall prototype wall was developed, with dimensions of 63.8 cm in width, and 120 cm in height, and the OSB and the cementitious board were fixed on its two largest faces. After that, the area for laying ceramic tiles was demarcated and laid with mortars of types AC I and AC II. After the curing time of 28 days, the plastering of the ceramics was carried out with the assistance of a traction machine. The results of the tests were processed and measured, it is concluded that the adhesion resistance of the ceramic tile with the cementitious tile substrate is unsatisfactory, since the two types of mortar obtained resistance less than 10% of the minimum required by the ABNT, in this substrate, the mortar AC II, had a slight advantage in the necessary pulling force. As for OSB substrate, the adhesion resistance was equal to zero in all tests with all mortars. One hypothesis for this result was the interference of phenolic adhesives used in the manufacture of OSB, in the anchoring of the ceramic plate.

Keywords: OSB, cementitious board, mortar, ceramic slab, strength to adhesion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipo de acabamento superficial de placa	16
Figura 2 - Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre chapa de OSB.....	24
Figura 3 - Sistema de assentamento de piso de cerâmica em chapa de madeira	25
Figura 4 - Painel estruturado	28
Figura 5 - Meios de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração	40

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Argamassas colantes utilizadas no experimento	26
Fotografia 2 - Placa cerâmica com divisões para recorte.....	27
Fotografia 3 - Painel estruturado	29
Fotografia 4 - Parede protótipo.....	29
Fotografia 5 - Placa cimentícia e OSB	30
Fotografia 6 - Misturador mecânico.....	31
Fotografia 7 - Dispositivo de arrancamento por tração.....	32
Fotografia 8 - Pesagem da argamassa	33
Fotografia 9 - Pesagem da água.....	34
Fotografia 10 - Misturador mecânico em funcionamento	35
Fotografia 11 - Preparação da superfície e distribuição da argamassa.....	36
Fotografia 12 - Assentamento das placas cerâmicas.....	36
Fotografia 13 - Experimento em processo de cura.....	37
Fotografia 14 - Cola epóxi utilizada	38
Fotografia 15 - Pastilhas metálicas fixadas na placa cerâmica	38
Fotografia 16 - Máquina de arrancamento acoplada na pastilha metálica	39
Fotografia 17 - Ruptura na argamassa.....	43
Fotografia 18 - Ruptura na placa cimentícia com AC II	44
Fotografia 19 - Tipos de rupturas no OSB com AC I	45
Fotografia 20 - Tipos de rupturas no OSB com AC II	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado das placas ensaidas	47
Gráfico 2 - Tensão de ruptura média.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Grupos de absorção de água	17
Quadro 2 - Classificação da placa cerâmica utilizada no experimento	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistência à abrasão.....	17
Tabela 2 - Classe de resistência ao manchamento.....	18
Tabela 3 - Classes de resistência ao ataque químico	18
Tabela 4 - Quantidade de argamassa colante e água.....	34
Tabela 5 - Resultados de ensaio na placa cimentícia com AC I.....	42
Tabela 6 – Resultados de ensaios na placa cimentícia com AC II	43
Tabela 7 - Resumo da eficiência de colagem das argamassas	44

LISTA DE SIGLAS

ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GL	<i>Glazed</i>
IAU	Instituto de Arquitetura e Urbanismo
NBR	Norma Brasileira
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PEI	<i>Porcelain Enamel Institute</i>
UGL	<i>Unglazed</i>
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo Geral	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4 REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DRYWALL	11
4.2 PLACA CIMENTÍCIA	12
4.3 CHAPAS DE OSB	13
4.4 PLACAS CERÂMICAS	14
4.4.1 Materiais primas e fabricação	14
4.4.2 Esmaltadas ou não esmaltadas	16
4.4.3 Classificação por métodos de fabricação	16
4.4.4 Classificação por grupos de absorção de água	17
4.4.5 Classificação por resistência a abrasão	17
4.4.6 Classificação por resistência ao manchamento	18
4.4.7 Classificação por resistência ao ataque de agentes químicos	18
4.4.8 Aspecto superficial ou análise visual	19
4.5 ARGAMASSA COLANTE	19
4.5.1 Tempo em aberto	20
4.5.2 Adesão inicial	20
4.5.3 Retenção de água	21
4.5.4 Resistencia à aderência	22
4.6 TÉCNICAS PARA APLICAÇÃO DE PLACA CERÂMICA EM DRYWALL	23
5 MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1 MATERIAIS	26
5.1.1 Argamassa colante	26
5.1.2 Placas cerâmicas	27
5.1.3 Parede protótipo	28
5.1.4 Substratos	30
5.2 EQUIPAMENTOS	30
5.3 MÉTODOS	32

5.3.1 Montagem do protótipo.....	33
5.3.2 Preparo das argamassas colantes	33
5.3.3 Assentamento das placas cerâmicas sobre o substrato	35
5.3.4 Fixação das pastilhas metálicas sobre a placa cerâmica	37
5.3.4 Ensaio de arrancamento das placas cerâmicas	39
5.3.5 Cálculo da resistência de aderência à tração	41
6 RESULTADO E DISCUSSÕES	42
7 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem aprimorando e aperfeiçoando suas técnicas construtivas ao longo dos anos. No Brasil o método construtivo mais utilizado é a alvenaria convencional, que possui um nível de industrialização menor quando comparado a outros métodos. A busca por novos materiais e o emprego por novas técnicas são de grande importância para o setor devido as grandes desvantagens do modo de construção atual, as quais são: a excessiva geração de resíduos e o grande uso de recursos naturais.

Este trabalho, apresenta e avalia uma forma de assentamento de placas cerâmicas em métodos construtivos a seco. Estes métodos, são uma alternativa a qual permite processos com maior grau de industrialização, gerando um maior aproveitamento de materiais, e conseqüentemente diminuindo desperdícios. Os métodos mais conhecidos que englobam a construção seca, são o *steel frame* e o *wood frame*. A matéria prima do primeiro método é o aço, do segundo método é a madeira, que pode ser oriunda de florestas plantadas, utilizando-se de recurso sustentável. O que torna o *wood-frame* muito viável de ser utilizado no Brasil, pois dada tamanha grandeza do território nacional, possibilita e facilita a produção de madeira reflorestada, caracterizando a via utilizada como ecologicamente correta.

Os benefícios do *wood frame* e *steel frame* não se restringem a questão ambiental, elas continuam quando a questão é isolamento térmico e acústico, pois aceitam a instalação de materiais isolantes no interior da parede. Soma-se a isso, o benefício de a tecnologia possibilitar uma maior personalização em projetos, pois permite uma flexibilização das posições das paredes, além da facilidade de manutenção. Ainda, outra qualidade está relacionada ao acabamento utilizado sobre superfícies dessa tecnologia, os quais podem variar de cerâmicas, granito, pintura e até mesmo o papel de parede.

Por fim, a aplicação de placas cerâmicas sobre OSB e placas cimentícias devem atender às normas técnicas brasileiras. A ABNT NBR 14081-4 (2012) apresenta uma metodologia para determinação da resistência de aderência, medida através do ensaio de arrancamento por tração simples de placas cerâmicas assentadas sobre argamassa colante.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar a resistência de aderência à tração simples de revestimento cerâmico, aplicado em paredes drywall de placas cimentícias e OSB com diferentes tipos de argamassas colantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Coletar dados bibliográficos referentes às placas cerâmicas, tipos de argamassas, sistemas de construção a seco, métodos e técnicas de fixação da placa cerâmica sobre diferentes substratos;
- Determinar a resistência à tração simples dos revestimentos cerâmicos sobre dois substratos, chapa OSB (Oriented Strand Board) e placa cimentícia com tipos de argamassas colantes (ACI, ACII), em relação ao ensaio de arrancamento proposto pela ABNT NBR 14081-4 (2012);
- Analisar os resultados obtidos e verificar se atendem às recomendações mínimas de resistência de aderência indicadas pelas ABNT NBR 14081-1 (2012);
- Analisar qual conjunto substrato/argamassa colante resultará em melhores resultados de aderência.

3 JUSTIFICATIVA

A implementação de novas tecnologias na construção civil no Brasil tem grande importância frente as maneiras construtivas mais comuns no país. A alvenaria convencional, método mais utilizado, é caracterizado por grandes desperdícios de materiais, quantidade de retrabalhos, utilização de mão de obra pouco qualificada e obras longas. O *drywall*, técnica descrita neste trabalho, tem grandes vantagens, como economia de materiais, menos desperdícios, menor peso para estrutura, e mais agilidade em sua montagem.

A busca por métodos construtivos mais rápidos e baratos é de fundamental importância para a sociedade brasileira, em virtude do gigante déficit habitacional no país, segundo Gravas (2019), aponta que essa deficiência cresceu 7% de 2007 a 2017, atingindo 7,78 milhões de unidades habitacionais. Esse alto número, demonstra a grande quantidade de favelas no país, situação de muitas famílias que moram em situações irregulares, com precariedade de serviços básicos, como água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica.

Além de ser um método que traz agilidade e economia, favorecendo a sociedade, a construção seca se destaca no âmbito ambiental, pois apresenta várias características que promovem a redução do lixo e a preservação dos recursos naturais. Dentre eles destacam-se: a baixa ou nenhuma produção de entulho, diminuição no uso de cimento, a estrutura pode ser inteiramente reciclada, utilização de aço reciclado, o que ajuda na redução de energia para produção, e a baixíssima utilização de água e matéria prima natural.

Uma vez que, a escassez de recursos na construção civil já é uma realidade, obras convencionais usam com abundância recursos básicos, como água, cimento, areia e brita. A quantidade de períodos de seca no país vem aumentando a cada ano, junto com ela, racionamentos e falta de água em cidades, notícias como falta de areia para construção estão mais corriqueiras. Novas tecnologias como construções a seco, não utilizam esses materiais em abundância, por isso são bem vindas, visto que a matéria prima principal é a madeira reflorestada, material de alta viabilidade para o país.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Contexto histórico drywall

A construção civil é reconhecida como um setor de alta contribuição para o desenvolvimento econômico e social do país. Embora seja de grande influência para a economia, captando uma grande quantidade de mão-de-obra, este segmento ainda atua, com práticas construtivas rudimentares, gerando desperdícios, altos custos e lentidão no processo. O modo como as técnicas e os materiais na construção civil é utilizado no Brasil diferencia-se muito em relação aos países desenvolvidos (HOFMANN, 2015).

Quando se trata de inserir novas tecnologias no setor da construção civil o Brasil acaba não se destacando, uma vez que, as construtoras se sujeitam a trabalharem com operários de baixa apreciação, visto a escassez de mão de obra qualificada no mercado para suprir a demanda. Atualmente, no Brasil, há diversos métodos de construção de edificações atualmente, no Brasil, o método amplamente utilizado é a alvenaria convencional, porém novas tecnologias estão surgindo e começando a ser utilizadas. (PEREIRA, 2018).

O sistema construtivo *drywall* já é bastante consolidado em países desenvolvidos. É uma tecnologia que não utiliza água na montagem, pois é um sistema pré-fabricado, utilizado nas construções de paredes, forros e divisórias. A técnica do Drywall é a alternativa sustentável, viável, altamente industrializada, substitui forma a convencional, tendo como referência projetos detalhados e integrados, além de racionalização dos seus processos o que proporciona redução de prazos e perdas na obra (NUNES, 2015).

O *drywall* é uma expressão em inglês que significa “parede seca”, ou seja, que não requer o uso de argamassa para sua construção, como ocorre com a alvenaria convencional. A divisória de *drywall* é desenvolvida em uma estrutura rígida composta por perfis, nos quais são parafusadas as chapas especiais para esse sistema (NETO, FAGUNDES, 2020).

As primeiras placas fabricadas a serem utilizadas no sistema Drywall foram de gesso acartonado, desenvolvidas nos Estados Unidos, no ano de 1898, por Augustine Sackett. Inicialmente, as placas eram delgadas e moldadas em fôrmas rasas, uma de cada vez, e tinham a finalidade de servir como base para acabamento. A partir deste

momento, as placas passaram por evoluções nos países onde seu uso é comum, gerando uma variedade de tipos de placas. O uso desse sistema começou nos Estados Unidos, no início do século XX, e passou a ser utilizado em maior escala a partir de 1920, espalhando-se por todo o mundo. Atualmente, maior parte das residências americanas utilizam o *drywall*. Na Europa, esta tecnologia está presente na construção civil, considerada totalmente consolidada (TAGLIABOA, 2010).

No Brasil teve início na década de setenta, quando houve a instalação da primeira fábrica com finalidade de produzir chapas para o uso em *drywall*, a Gypsum, localizada na cidade de Petrolina, estado de Pernambuco (NUNES, 2015). A tecnologia começou a ganhar expressiva importância na década de 90, até então era novidade para construtores e o público, porém diversos países já usavam e estavam em estágio avançado de desenvolvimento do produto (TAGLIABOA, 2010).

4.2 Placa cimentícia

Segundo a ABNT NBR 15498 (2016), a placa de fibrocimento é produto resultante da mistura de cimento Portland, agregados, adições ou aditivos com reforço de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto.

A placa cimentícia é fabricada com o cimento Portland. Este cimento é a mistura de calcário e argila que são moídos finamente, essa mistura contém aproximadamente 1 parte de argila para 4 partes de calcário. Após misturados, este material é cozido na temperatura de 1450°C, obtendo-se um produto granulado chamado clínquer Portland. O clínquer é então moído com uma pequena porção de gesso (aproximadamente 5%), resultando em um pó fino, de cor cinza, o Cimento Portland (HOFMANN, 2015).

A superfície completamente plana que se atinge com as placas pode ser utilizada como base para quase todos os tipos de revestimento em fechamentos e vedações internas e externas, sendo particularmente apropriado para aplicação de revestimento cerâmico. O assentamento das peças é feito com argamassa colante flexível, seguindo a prática tradicional com desempenadeira dentada (DIAS, 2000).

As placas cimentícias podem ser utilizadas como fechamento em paredes, no exterior ou interior de uma edificação, pode ser utilizada em pisos, porém deve ser associada a um outro substrato, para melhorar a resistência a flexão (INOCENTI, BERTEQUINI, 2018).

De acordo com a ABNT NBR 15498 (2016) as placas de fibrocimento são classificadas em: placas da classe A e placas de classe B.

As placas da classe A são indicadas para aplicações externas sujeitas à ação direta de sol, chuva, calor e umidade. Podem ser fornecidas com ou sem revestimento. As placas são classificadas em quatro categorias, de acordo com sua resistência à tração na flexão. As placas da classe B são indicadas para aplicações internas e aplicações externas não sujeitas à ação direta de sol, chuva, calor e umidade. As placas são classificadas em cinco categorias de acordo com sua resistência à tração na flexão. (ABNT NBR 15498, 2016).

A placa cimentícia é utilizada nos sistemas *wood frame* e *steel frame*, bastante aplicado em paredes estruturais. As dimensões variam de acordo o fabricante, entretanto as placas mais usuais, comercializadas para o sistema *wood frame* possuem largura de 1200 mm e comprimento variável entre 2400 a 3000 mm, com espessura de 6 a 10 mm (FRANCESCATTO, 2016).

4.3 Chapas de OSB

Os painéis de madeiras podem ser definidos como produtos compostos por elementos de lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução de madeiras sólidas, unidos por meio de ligação adesiva (BORTOLETTO, 2004). A importância do setor de painéis de madeira é crescente, devido a necessidade do uso racional dos recursos florestais. O fortalecimento da indústria de painéis ocorre, pois, utiliza quase que exclusivamente madeiras de florestas plantadas, contribuindo para a diminuição do desmatamento.

Após o início da produção de painéis constituídos de madeiras, ainda no século XX, diversos tipos deste foram surgindo. O *Oriented Strand Board* (OSB) está no mercado mundial desde o início da década de 80. Os painéis OSB são produzidos por diversas camadas de tiras de madeiras orientadas perpendicularmente e unidas com resinas através da prensagem em altas temperaturas. Os painéis podem ser utilizados em aplicações estruturais ou não estruturais tais como forros, paredes, pisos, componentes de vigas, etc. (MENDES, 2010).

O OSB é um material versátil, já que permite a aplicação de inúmeros tipos de acabamentos e revestimentos em sua face. Todavia, o uso deste material exige mão de obra qualificada para a montagem, sendo fundamental seguir as recomendações tanto de aplicação sugerida pelo fabricante como o que está definido em projeto. Dentre as possibilidades de revestimento na face dos painéis de madeira, a utilização

de placas cerâmicas. Contudo o método de aplicação do revestimento cerâmico diretamente sobre o OSB é pouco utilizado, isso é decorrente do assentamento da massa sobre a chapa de OSB (FRANCESCATTO, 2016).

4.4 Placas cerâmicas

No Brasil, placas cerâmicas foram notáveis durante a colonização portuguesa, muito utilizadas em fachadas e produzidas sob encomenda para residências da aristocracia da colônia. Além de fachadas, utilizava-se o azulejo em paredes de banheiros, cozinhas e salas de jantar. Já nos séculos XIX e XX, cerâmicas passaram a ser valorizados através da utilização em monumentos. A indústria brasileira de revestimentos cerâmicos surgiu a partir de antigas fábricas de tijolos, blocos e telhas cerâmicas, que começaram a produzir ladrilhos hidráulicos e mais tarde azulejos e placas cerâmicas no início do século XX (OLIVEIRA, 2015).

Ainda, segundo Oliveira (2015), na década de 60, as indústrias de materiais para construção civil passaram crescimento devido a criação de sistemas financiamento habitacional, o que gerou no aumento do número de obras. E no início dos anos 70 a indústria de cerâmicos ampliou significativamente a produção, devido a demanda contínua.

A Placa cerâmica é o material mais utilizado na construção civil para dar acabamento e cobrir superfícies lisas em quaisquer tipos de ambientes. O mercado nacional é responsável por produzir e comercializar uma grande quantidade de revestimento, abrangendo e sendo acessível a todas classes sociais. Em 2008 a indústria brasileira de revestimentos produziu cerca de 713,4 milhões de m², com faturamento estimado em R\$ 6,5 bilhões de reais (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

4.4.1 Materiais primas e fabricação

De acordo com Oliveira (2015), a matéria prima para fabricação de placas cerâmicas, podem ser divididas em três grupos, as plásticas, as fundentes e as refratárias. As matérias primas plásticas são aquelas constituídas por argila. A plasticidade está relacionada a natureza estrutural das argilas. Plasticidade pode ser definido pela capacidade de um material ser deformado sem ruptura após a ação de

uma força. As fundentes, podem ser naturais ou sintéticas e tem a finalidade de diminuir a temperatura de queima das massas cerâmicas por formação de uma fase vítrea. Essa fase vítrea influencia diretamente na porosidade e no controle dimensional da placa. Os materiais mais tradicionais são feldspatos e feldspatóides. Por último, as matérias primas refratárias, tradicionalmente são os quartzos e os quartzitos, que possuem elevados teores de sílica. Esses materiais reduzem a plasticidade da cerâmica, com finalidade de diminuir a retração de secagem e o tempo de secagem.

Os aditivos, como o caulim e a bentonita tem como função de alterar as condições de moagem melhorando a viscosidade nas composições da cerâmica. A cerâmica é basicamente constituída por matérias primas plásticas, não plásticas (fundentes e refratárias) e aditivos.

A ABCERAM, separa o processo de fabricação em várias etapas. A primeira é a preparação da matéria prima, neste processo os materiais encontrados em depósitos são beneficiados, ou seja, moídos, classificados de acordo com a granulometria e algumas vezes purificados. Em seguida é preparado a massa, esta etapa consiste na mistura e dosagem das matérias primas e aditivos, que devem seguir rigorosamente as fórmulas estabelecidas previamente, através disso, conseguimos classificar essa mistura em dois tipos mais comuns, as massas secas, que posteriormente as peças serão obtidas por prensagem, e as massas plásticas para obtenção de peças sobre extrusão.

Após isso, passamos para etapas de formação das peças. A prensagem é a etapa para massas de via seca, onde a massa é colocada em um molde de borracha, e é inserido em uma câmara que exerce uma forte pressão por igual no molde através de prensas hidráulicas. A extrusão, consiste em colocar a massa plástica em uma extrusora, onde a massa é compactada e forçada através de um bocal com determinado formato. Como resultado obtém-se objetos com formato e dimensões desejadas.

A secagem é a etapa posterior a formação da peça, onde seu objetivo é a eliminação de toda umidade na peça de forma lenta e gradual, através de secadores onde temperaturas podem variar de 50 °C a 150 °C. Depois de seca, as peças são esmaltadas, a fim de aprimoração da estética, tornar o produto impermeável e melhora da resistência mecânica, para isso é necessário compostos químicos vítreos aplicados a superfície da cerâmica. Por fim as peças são submetidas a queima, onde são

submetidas a altas temperaturas que tem o objetivo de soldagem dos grãos e formação da fase vítrea (ABCERAM).

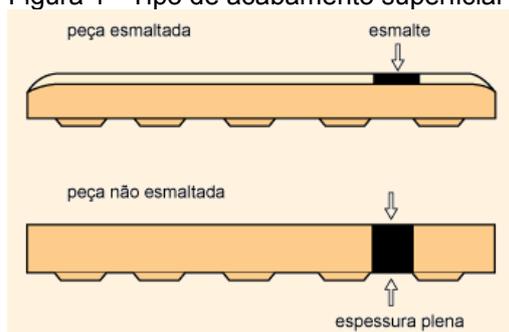
De acordo com a ABNT NBR 13817 (1997), as placas cerâmicas podem ser classificadas da seguinte forma:

- a) esmaltadas e não esmaltadas;
- b) métodos de fabricação (por exemplo: prensado, extrudado e outros);
- c) grupos de absorção de água;
- d) classes de resistência à abrasão superficial, em número de 5;
- e) classes de resistência ao manchamento, em número de 5;
- f) classes de resistência ao ataque de agentes químicos, segundo diferentes níveis de concentração;
- g) aspecto superficial ou análise visual.

4.4.2 Esmaltadas ou não esmaltadas

Placas cerâmicas esmaltadas (*glazed*) recebem a sigla GL, já as não esmaltadas (*unglazed*) recebem a sigla UGL (ABNT NBR 13817, 1997). A figura 1 demonstra os dois tipos.

Figura 1 - Tipo de acabamento superficial de placa



Fonte: IAU-USP apud show room, n 24, ano 3

4.4.3 Classificação por métodos de fabricação

A ABNT NBR 13817 (1997), também classifica quanto ao tipo de fabricação já mencionado acima, placas cerâmicas extrudadas recebem a letra A, já as prensadas recebem a letra B, e as produzidas por outros processos recebem a letra C.

4.4.4 Classificação por grupos de absorção de água

A absorção de água, está diretamente relacionado com a porosidade da placa cerâmicas. É um requisito importante para a especificação do revestimento para determinado ambiente. Superfícies esmaltadas não são porosas, e a quantidade de compactação da peça também influencia a absorção. Abaixo no quadro 1, a relação dos grupos com a quantidade de absorção de água.

Quadro 1 - Grupos de absorção de água

Grupos	Absorção de água (%)
Ia	$0 < Abs \leq 0,5$
Ib	$0,5 < Abs \leq 3,0$
IIa	$3,0 < Abs \leq 6,0$
IIb	$6,0 < Abs \leq 10,0$
III	Abs acima de 10,0

Fonte: ABNT NBR 13818 (1997)

4.4.5 Classificação por resistência a abrasão

A resistência a abrasão, segundo o IAU-USP, permite classificar a resistência ao desgaste superficial de uma placa cerâmica esmaltada, assim permite escolher o revestimento certo para uma indústria, por exemplo, onde há um tráfego intenso. Ao contrário de locais de baixo fluxo como banheiros residenciais. As placas podem ser classificadas segundo a tabela 1:

Tabela 1 - Resistência à abrasão

PEI	RESISTÊNCIA À ABRASÃO	USO
PEI-0	Baixíssima	Não para pisos
PEI-1	Baixa	Ambientes onde se caminha de pés descalços ou chinelos
PEI-2	Média	Ambientes residenciais, sem portas para ambientes externos
PEI-3	Média Alta	Ambientes residenciais, com portas para ambientes externos
PEI-4	Alta	Ambientes residenciais com tráfego intenso
PEI-5	Altíssima e sem encardido	Ambientes comerciais, públicos e industriais de alto tráfego

Fonte 1 - Adaptado de IAU-USP

4.4.6 Classificação por resistência ao manchamento

Esta classificação indica a capacidade de limpeza de placas cerâmicas. Dondi et al. explicam que a rugosidade está diretamente ligada a resistência ao manchamento. Quanto maior a rugosidade, mais facilidade de sujar ela tem, quanto menor a rugosidade, maior a facilidade de limpeza da peça. Na tabela 2 a ABNT NBR 13817 (1997) classifica da seguinte forma:

Tabela 2 - Classe de resistência ao manchamento

CLASSE	CARACTERÍSTICA
CLASSE 5	Máxima facilidade de remoção da mancha
CLASSE 4	Mancha removível com produto de limpeza fraco
CLASSE 3	Mancha removível com produto de limpeza forte
CLASSE 2	Mancha removível com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e tricloroetileno
CLASSE 1	Impossibilidade de remoção de mancha

Fonte: ABNT NBR 13817 (1997)

4.4.7 Classificação por resistência ao ataque de agentes químicos

Segundo IAU-USP, a resistência ao ataque de agentes químicos é a capacidade da placa cerâmica não sofrer alterações após contato com essas substâncias. Essa classificação pode ser definida em três classes estabelecidas pela ABNT NBR 13817 (1997), A, B ou C, sendo que a classe A é com resistência química alta, a classe B, com resistência média e a classe C, com baixa resistência, exemplificado na tabela 3. Estas classes podem ser determinadas para produtos de piscina, ácidos e álcalis de baixa (L - *low*) e alta concentração (H - *high*).

Tabela 3 - Classes de resistência ao ataque químico

Agentes químicos		Níveis de resistência química		
		Alta (A)	Média (B)	Baixa (C)
Ácidos e álcalis	Alta concentração (H)	HA	HB	HC
	Baixa concentração (L)	LA	LB	LB
Produtos domésticos e de piscinas		A	B	C

Fonte: ABNT NBR 13817 (1997)

4.4.8 Aspecto superficial ou análise visual

De acordo com a ABNT NBR 13818 (1997), a análise visual consiste em examinar as placas a olho nu ou com óculos, observando se há os seguintes defeitos: rachaduras, base descoberta por falha do vidro, depressões, crateras, bolhas, pintas, manchas, defeitos de baixo esmalte, defeitos na decoração, cantos e lados lascados, despontados, saliências, incrustações de corpos estranhos, riscados ou arranhaduras e diferenças de tonalidade em caixas com marcação idêntica. Se a percentagem de placas sem defeitos for maior que 95% é classificada como de primeira qualidade (ABNT NBR 13817, 1997).

4.5 Argamassa colante

O mercado disponibiliza diferentes tipos de argamassas para variadas aplicações, como: contrapisos, revestimento internos, revestimento externos, assentamento de cerâmicas e alvenaria, decoração e outras. Para assentamento de placas cerâmicas, a argamassa colante industrializada é amplamente utilizada (PEREIRA, 2012).

De acordo com a ABNT NBR 14081-1 (2012), argamassa colante industrializada, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados a minerais e aditivos químicos, que misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento. A norma classifica as argamassas colantes em três tipos.

Argamassa colante industrializada, tipo I – AC I: Argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termo higrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.

Argamassa colante industrializada, tipo II – AC II: Argamassa colante industrializada com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a ciclos de variação termo higrométrica e à ação do vento.

Argamassa colante industrializada, tipo III – AC III: Argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos I e II.

Argamassa colante industrializada com tempo em aberto estendido (E): Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com tempo em aberto estendido.

Argamassa colante industrializada com deslizamento reduzido (D): Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com deslizamento reduzido (ABNT NBR 14081-1, 2012).

Quando se trata de argamassas colantes, o comportamento desejado é aquele em que a viscosidade da mistura permitirá que a argamassa preencha as saliências da base de assentamento e, ao entrar em contato com a placa cerâmica, pela pressão normalmente praticada na execução do revestimento, proporcione a melhor área de contato no lado sem acabamento da placa, contribuindo para a aderência da interface argamassa colante/placa cerâmica. A resistência da aderência entre as camadas do sistema de revestimento é umas das propriedades primordiais, como à qualidade e durabilidade (PEREIRA, 2012).

As argamassas colantes possuem propriedades no estado fresco e no estado endurecido. O controle de qualidade no estado fresco é importante para a etapa de aplicação, além de influenciar as propriedades no estado endurecido (ALMEIDA, 2005).

4.5.1 Tempo em aberto

De acordo com a ABNT NBR 14081-1 (2012), tempo em aberto é o maior intervalo de tempo em que uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante espalhada sobre a superfície.

ABNT NBR 14081-3 (2012) aponta o método para determinação do tempo em aberto para argamassa colante industrializada destinada ao assentamento de placas cerâmicas. Os fabricantes de argamassas colantes especificam na embalagem do produto o tempo em aberto, nos casos em que não é possível encontrar essa informação, a ABNT NBR 14081-1 (2012) indica adotar: 15 minutos para argamassa AC I e 20 minutos para argamassa AC II e AC III.

A perda de resistência de aderência das placas assentadas depois de excedido o tempo em aberto é ocasionada pela formação de uma película superficial que interfere na adesão inicial da argamassa colante. Um dos fatores que tem forte influência é a perda de água, podendo ocorrer tanto por sucção pela base quanto por evaporação (PÓVOAS, JHON, CINCOTTO, 2002).

4.5.2 Adesão inicial

Adesão inicial das argamassas colantes é definida como a capacidade que o material apresenta para aderir a superfície da base através da penetração da pasta

nos poros, seguido do endurecimento gradual da pasta. A adesão depende basicamente da coesão e da plasticidade da argamassa. As argamassas possuem a tendência em ter uma coesão elevada, entretanto apesar desta característica positiva, os equipamentos utilizados para aplicação do material têm influência para se obter um bom resultado, quando em contato com a superfície (PEREIRA, 2012).

As argamassas colantes devem possuir plasticidade e trabalhabilidade apropriada para que seu espalhamento seja perfeitamente realizado. Além disso, deve apresentar viscosidade relativamente baixa para facilitar este processo. O material deve apresentar potencial de molhar a superfície, o espalhamento na superfície deve ser feito com um ângulo de contato próximo a zero, isso permite um contato intrínseco entre as partes, a argamassa colante e a superfície (ALMEIDA, 2005).

Quanto mais baixo o valor da tensão superficial da pasta aglomerante e a sua viscosidade, melhor a capacidade de molhar o substrato, reduzindo o ângulo de contato entre as superfícies, assim elevando o contato físico e inserindo a adesão e a extensão de aderência (MORENO JUNIOR; SELMO, 2007).

Entretanto é válido ressaltar a possibilidade de variação da viscosidade das argamassas de reparo, pois é limitada pelas características dos elementos constituintes e particularidades dos serviços, além das propriedades requeridas da argamassa, por exemplo, forma de aplicação e a posição da superfície do substrato, lembrando-se que em geral é requerida imediata adesão e fixação do material fresco ao substrato. A adesão inicial é diretamente relacionada com a resistência à aderência, uma vez que no estado fresco da argamassa colante que se tem início o processo de junção entre os componentes do sistema (MORENO JUNIOR; SELMO, 2007).

4.5.3 Retenção de água

A retenção de água é a propriedade que as argamassas possuem, no estado fresco, de manter sua consistência, mesmo em condições favoráveis para a perda de água. Deste modo, a água tem importância no que diz respeito ao comportamento reológico, visto que interfere diretamente na trabalhabilidade e viscosidade, havendo papel primordial nas reações de hidratação do aglomerante e na resistência entre a argamassa e a superfície. A retenção de água é influenciada pela presença de aditivos

que contém em sua composição, ou seja, é fundamental que entre os elementos da mistura sejam inseridos aditivos (PEREIRA, 2012).

A água é fundamental no resultado esperado da resistência de aderência, visto que, tem influência na trabalhabilidade e viscosidade da pasta, além de combinar quimicamente com os aglomerantes e ser responsável pela hidratação do aglomerante que preencherá os poros e cavidades do substrato, auxiliando a ancoragem mecânica e conseqüentemente gerando uma melhor aderência (FRANCESCATTO, 2016).

A perda de água por sucção pelo substrato ou pela formação de película no cordão de argamassa influencia diretamente na adesão do revestimento cerâmico a superfície. Em casos que adesão ocorre de forma inadequada, a resistência de aderência desejada entre a placa cerâmica e a argamassa é prejudicada, com o passar tempo poderá surgir defeitos como o descolamento do revestimento. A ABNT NBR 13277 (2005) estabelece o método para determinação da retenção de água em argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

De acordo com a ABNT NBR 13277 (2005), avaliar a retenção de água em argamassas consiste em determinar a quantidade de água retirada de uma porção de argamassa contida em um funil de filtragem, após a sucção realizada por meio de uma bomba de vácuo a baixa pressão. O método descrito é indicado para argamassas convencionais, entretanto pode ser aplicado em argamassas industrializadas.

4.5.4 Resistencia à aderência

Aderência é um termo utilizado para descrever tanto a resistência mecânica como a extensão do espalhamento ou contato resultante entre a argamassa endurecida e uma base porosa (MORENO JUNIOR; SELMO, 2007). A ABNT NBR 13528 (2019) conceitua aderência como a propriedade do revestimento de resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com o substrato. Substrato é a camada onde será assentada a placa cerâmica. A norma também indica que resistência de aderência não consiste em uma propriedade específica da argamassa colante, mas sim resultado da interação entre o conjunto (argamassa/substrato/placa cerâmica).

Na argamassa endurecida, a aderência ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente, à penetração da argamassa nos

poros ou entre a rugosidade da superfície de aplicação. O processo de aderência inicia-se imediatamente após o contato da argamassa com o substrato, desta forma as características adesivas são tão importantes quanto as características do substrato. Características tais como a matéria-prima, a porosidade, a capacidade de absorção de água e a textura do substrato são de grande importância. Visto que, o tipo de substrato constitui-se um fator que exerce influência significativa na resistência de aderência (CARASEK, CASCUDO, SCARTEZINI, 2001).

Substratos com alta porosidade podem absorver grande quantidade de água e provocar uma hidratação inadequada do cimento da argamassa, ou seja, a quantidade de água restante na argamassa não seria suficiente para hidratar todo o cimento, formando regiões frágeis, com potencial de apresentar descolamento. Em situações contrárias, em um substrato pouco poroso, a baixa absorção não permite a entrada da pasta que promove a ancoragem, prejudicando a aderência entre os materiais (PEREIRA, 2012).

Observando os fenômenos físico-químicos envolvidos entre a aderência de superfícies, pode-se associar a ligação de uma interface formada por superfícies de materiais diferentes às forças intermoleculares que surgem nessa região (MORENO JUNIOR; SELMO, 2007).

De acordo com Paes (2004) a aderência no sistema composto por argamassa e substrato é resultado de um mecanismo que envolve uma conjunção de efeitos com graus de importância variados. A aderência mecânica resulta da conjunção de três propriedades das interfaces atuantes no sistema: resistência de aderência à tração, a resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência.

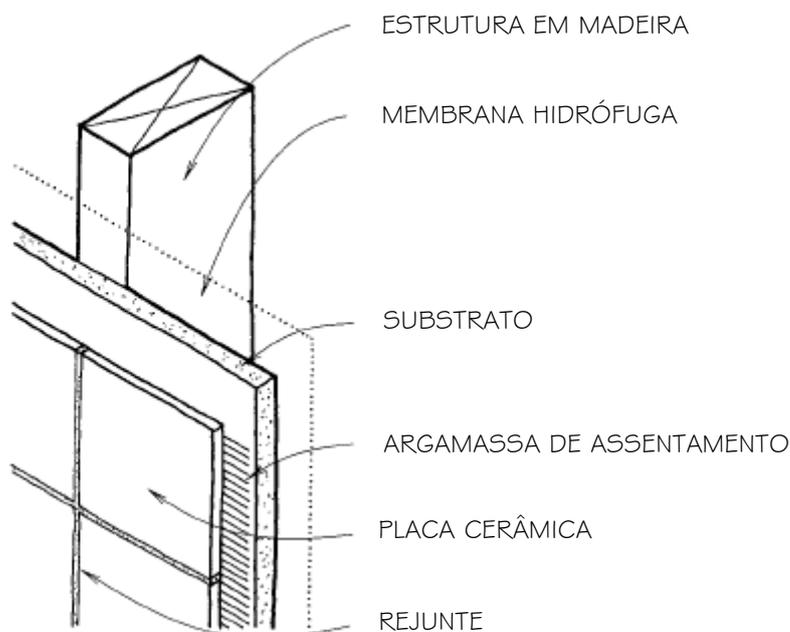
As argamassas colantes possuem as propriedades de aderência mecânica e aderência química. De acordo com Santos (2008), aderência mecânica é a penetração da pasta da argamassa nos poros ou entre a rugosidade da base da aplicação, caracterizada pelo engaste entre as partículas do substrato e da argamassa. Já aderência química é aquela proporcionada mediante a introdução de aditivos adesivos que possuem a capacidade de melhorar a aderência das argamassas.

4.6 Técnicas para aplicação de placa cerâmica em *drywall*

Substrato é o material rígido onde a cerâmica é colada. A instalação consiste em efetuar a colagem da placa diretamente sobre o substrato como indicado na figura 2. O processo de assentamento da cerâmica ocorre por fixação a base com argamassas de assentamento apropriadas. A principal vantagem desse sistema é a simplicidade na execução, porém, é necessário ter cuidado para garantir a rigidez

suficiente para evitar rachaduras na cerâmica ou até mesmo no rejunte. Os três tipos de base mais comum são a placa de gesso, compensado e placa cimentícia (THALLON, 1997).

Figura 2 - Esquema de aplicação de placa cerâmica sobre chapa de OSB



Fonte: Adaptado THALLON, 1997.

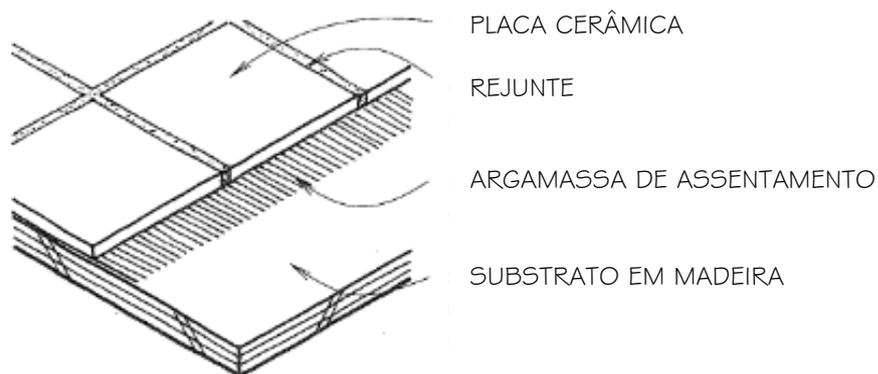
Segundo Thallon (1997), as chapas OSB são expansíveis, não possui uma boa colagem, quando comparado as placas cimentícias, além disso é indicado evitar umidade. Já as placas cimentícias são apropriadas para locais úmidos, sendo o substrato ideal. A maioria dos materiais de acabamentos podem ser aplicadas sobre a placa de madeira. Os painéis devem fornecer qualidade e uniformidade, garantindo uma superfície livre de irregularidades, evitando assim, vazios abaixo da camada cerâmica.

Um dos materiais de assentamento mais indicados para esses tipos de substratos é a argamassa colante a base de cimento Portland. Ela possui alta qualidade na colagem, resistência a forças de compressão, rápida instalação, além de poder ser utilizada em locais úmidos e quentes.

Placas OSB também são adequadas para uso como base de assentamento de placas cerâmicas não só em paredes, mas em pisos também. No caso de piso, é fundamental minimizar a deflexão do material. É necessário um enrijecimento do

sistema estrutural, diminuindo o espaçamento das vigas e/ou aumentando a espessura do piso a fim de evitar patologias e rachaduras no piso. Normalmente, quase todo o piso de cerâmica é fixado diretamente sobre o substrato com uma camada de argamassa colante, como representado na figura 3 (THALLON, 1997).

Figura 3 - Sistema de assentamento de piso de cerâmica em chapa de madeira



Fonte: Adaptado THALLON, 1997.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise experimental foi conduzida a fim de verificar a resistência da aderência de revestimentos cerâmicos sobre dois substratos: placa cimentícia e OSB. Também foi feita a análise de qual argamassa possui melhor aderência (entre os tipos: ACI e ACII). Todos ensaios foram conduzidos segundo as normas ABNT NBR 14081-1 (2012), ABNT NBR 14081-2 (2012), ABNT NBR 14081-4 (2012), ABNT NBR 13817 (1997) e ABNT NBR 13818 (1997).

5.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para montagem do corpo de prova são: argamassas colantes (ACI e ACII), placas cerâmicas, painel estruturado para suporte dos substratos, placa cimentícia, painel OSB, adesivo epóxi de alta resistência e fita crepe.

5.1.1 Argamassa colante

A fotografia 1 ilustra os tipos de argamassas colantes que foram utilizadas no experimento, segundo a ABNT NBR 14081-1 (2012):

- Argamassa colante industrializada classe I (AC I), marca Inovatte.
- Argamassa colante industrializada classe II (AC II), marca Inovatte.

Fotografia 1 - Argamassas colantes utilizadas no experimento



Fonte: Autoria própria.

5.1.2 Placas cerâmicas

A placa cerâmica que foi utilizada no trabalho terá função de revestimento de parede, azulejos. Suas características estão de acordo com as normas técnicas e exigências impostas pela ABNT NBR 13817 (1997) e descritas no quadro 2.

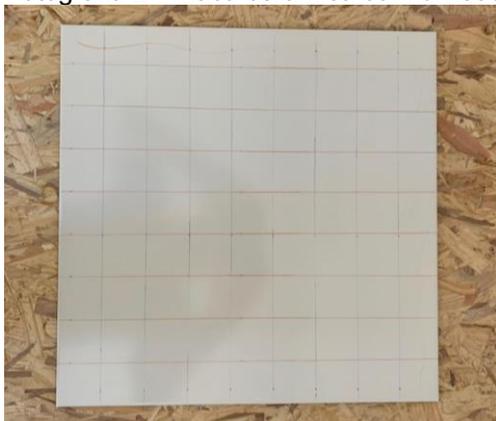
Quadro 2 - Classificação da placa cerâmica utilizada no experimento

Especificação	Classificação
Esmalte	Esmaltada
Método de fabricação	Prensado
Grupo de absorção de água	BIIb
Resistência a abrasão superficial	4
Resistência ao manchamento	N/D
Resistência ao ataque de agentes químicos	N/D
Aspecto visual	Perfeito estado

Fonte: Autoria própria.

Foi utilizada uma placa da marca Eliane, modelo Forma Branco BR, com dimensões de 45 cm de largura, 45 cm de comprimento e 6,5 mm de espessura. Dividida com o auxílio de um cortador de pisos e azulejos, “riscadeira”, em 81 placas menores com dimensões de 5 cm de largura e 5 cm de comprimento e mesma espessura, representada na fotografia 2, seguindo as exigências da ABNT NBR 14081-1 (2012). A cerâmica foi assentada na horizontal em uma superfície plana, impossibilitando queda ou deslizamento de argamassa.

Fotografia 2 - Placa cerâmica com divisões para recorte

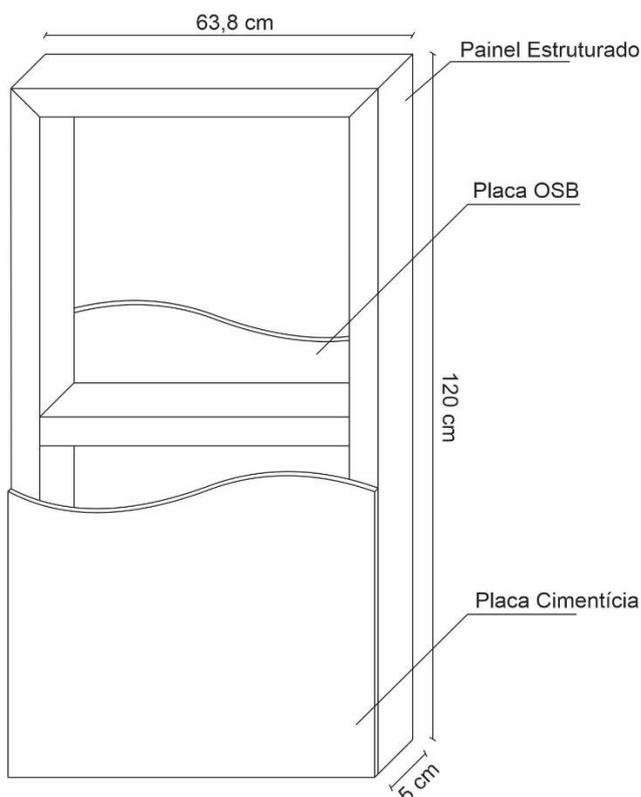


Fonte: Autoria própria.

5.1.3 Parede protótipo

A parede protótipo foi confeccionada para alocar os substratos que foram utilizados no experimento. O protótipo foi desenvolvido no método *wood-frame*, foram fixados em uma das suas faces a placa cimentícia e em outra o OSB representado na figura 4.

Figura 4 - Painel estruturado



Fonte: Autoria própria.

A parede protótipo possui largura de 63,8 cm e comprimento de 120 cm, a largura foi definida com a composição da largura da fita crepe, sobra de 1 cm de argamassa ao redor da placa cerâmica e a largura da placa. O comprimento utilizado é igual à largura de uma chapa OSB e cimentícia. Para desenvolvimento do painel estruturado foi utilizado viga de madeira reflorestada, da espécie Pinus com dimensões de 5x10 cm.

Fotografia 3 - Painel estruturado



Fonte: Autoria própria.

Após o recorte das vigas nas dimensões necessárias, foi fixado em uma das faces a placa cimentícia e em outra o OSB. Segundo Thallon (1997) é necessário a fixação de uma membrana hidrófuga entre os substratos e a estrutura em madeira. Como este trabalho visa avaliar a eficiência de aderência entre a placa cerâmica e o substrato, não se fez necessário o uso da membrana.

Fotografia 4 - Parede protótipo



Fonte: Autoria própria.

5.1.4 Substratos

A Placa cimentícia e o painel OSB são amplamente utilizados na construção civil em vários países, principalmente nos países do hemisfério norte. O que não acontece no Brasil, onde a utilização não ocorre com frequência. Como consequência da pouca utilização e a falta de estudos brasileiros sobre o assunto, viu-se a necessidade de analisar a resistência a aderência de placas cerâmicas nesses dois substratos. As chapas a serem utilizadas são: a de OSB e a cimentícia.

O painel OSB utilizado neste experimento possui dimensões de 120 x 240 cm, com espessura de 9 mm, este não possui função estrutural, visto que sua utilização é somente para análise da interação entre o substrato, argamassa e placa cerâmica. A placa cimentícia, possui dimensões de 120 x 240 cm e espessura de 6 mm.

Fotografia 5 - Placa cimentícia e OSB



Fonte: Autoria própria.

5.2 EQUIPAMENTOS

Inicialmente, para obtenção da placa cerâmica no tamanho solicitado foi necessário o uso de uma riscadeira ou cortador de pisos e azulejos. Na montagem da parede protótipo foi necessário, serra de bancada para corte das vigas, serra circular para corte das chapas de OSB e placa cimentícia, furadeira e parafusadeira para

inserção dos parafusos de fixação. Para preparação da superfície dos substratos, usou-se, esquadro, régua e lápis de construção para marcação e delimitação da área de assentamento.

No laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, foi utilizado os seguintes equipamentos para preparação da argamassa colante: que foram, misturador mecânico para homogeneidade da argamassa ilustrado na fotografia 6, balança com resolução de 0,01g, balança com resolução de 0,1g, paquímetro com resolução de 0,01 mm e desempenadeira dentada metálica.

Fotografia 6 - Misturador mecânico



Fonte: Autoria própria.

Para o ensaio de resistência à aderência foi utilizado, ainda no laboratório, o equipamento para o arrancamento por tração que permite uma velocidade de carregamento uniforme de (250 ± 50) N/s, como demonstrado na fotografia 7. Por fim, pastilhas metálicas circulares, com dispositivo de acoplamento na máquina de arrancamento, com diâmetro de 50 mm e espessura de 20 mm.

Fotografia 7 - Dispositivo de arrancamento por tração



Fonte: Autoria própria.

5.3 MÉTODOS

A norma brasileira propõe que a metodologia para o ensaio de arrancamento por tração de placa cerâmica assentada com argamassa colante seja em substratos padronizados, nela é mencionado a placa de concreto, conforme a ABNT NBR 14081-4 (2012). No Brasil, há vários estudos referentes a aplicação nesse tipo de substrato. Porém, há uma deficiência na pesquisa em relação a outras superfícies, por isso este trabalho verificou se a resistência está de acordo com as normativas brasileiras, neste caso sobre o OSB e a placa cimentícia.

A ABNT NBR 14081-4 (2012), define os procedimentos para determinação da resistência de aderência, a qual é medida através de arrancamento por tração simples de argamassa colante industrializada, destinada ao assentamento de placas cerâmicas sobre concreto.

5.3.1 Montagem do protótipo

Para montagem da parede protótipo, as vigas de Pinus, foram cortadas duas com 63,8 cm de comprimento, uma com 53,8 cm e mais duas com 120 cm de comprimento, após isso, as pontas das vigas recortadas foram chanfradas com angulação de 45°. Além das vigas os substratos também foram cortados com o auxílio de uma serra circular nas dimensões de 63,8 x 120 cm. Finalmente, com todos cortes realizados, foi parafusado as vigas, formando uma espécie de paralelepípedo. Nas duas maiores faces dessa forma, foram fixados com auxílio de parafusadeira, a placa cimentícia e a placa OSB.

5.3.2 Preparo das argamassas colantes

A ABNT NBR 14081-2 orientou sobre o preparo das argamassas colantes, primeiramente agitou-se a embalagem do produto para dispersar aglomerados, logo após 2 minutos, foi pesado com o auxílio de uma balança, e um recipiente, 2,5 kg de argamassa, conforme a fotografia 8. Esse procedimento repetiu-se 4 vezes para os dois tipos de argamassa e dois tipos de substrato.

Fotografia 8 - Pesagem da argamassa

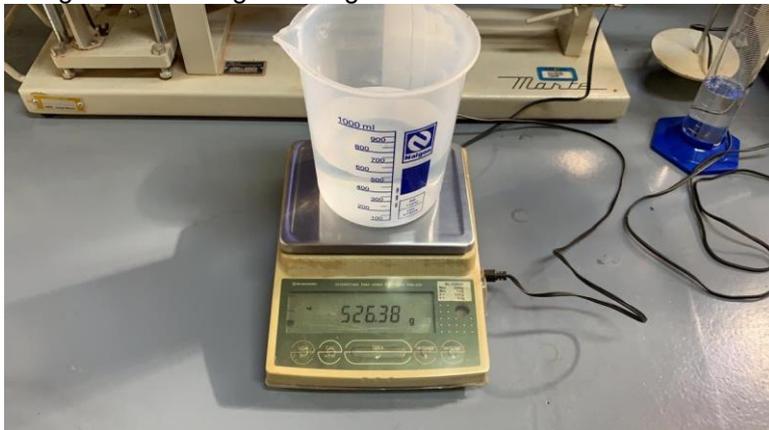


Fonte: Autoria própria.

Em seguida, pesou-se a quantidade de água necessária para manuseio da argamassa, que é definida pelo fabricante, que segundo ele, é necessário aproximadamente, 21% da massa de argamassa, em água. Na tabela 4, conseguimos

verificar a quantidade utilizada por tipo de argamassa e substrato. Para pesagem da água utilizou-se uma balança e um Becker conforme na fotografia 9.

Fotografia 9 - Pesagem da água.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 - Quantidade de argamassa colante e água

Argamassa	Substrato	Massa (g)	Água (g)
AC I	Placa Cimentícia	2500	524,64
AC II	Placa Cimentícia	2500	526,38
AC I	Placa OSB	2500	524,85
AC II	Placa OSB	2500	526,20

Fonte: Autoria própria.

Após as pesagens, o material seco foi depositado sobre o material líquido dentro do recipiente do agitador mecânico. Inicialmente ligou-se o agitador durante 30 segundos na velocidade lenta, foi raspado a lateral do recipiente, de forma que todo material seco fosse integrado ao líquido. Misturou-se por mais 60 segundos em velocidade lenta conforme a fotografia 10. Ao término desse passo, o material já misturado ficou em estágio de maturação por 15 minutos dentro do recipiente com pano úmido sobre ele.

Fotografia 10 - Misturador mecânico em funcionamento



Fonte: Autoria Própria.

5.3.3 Assentamento das placas cerâmicas sobre o substrato

A superfície dos substratos foi preparada de modo que facilitasse a retirada do excesso de argamassa colante. Para isso foi utilizado fita crepe para delimitação do espaço onde a placa cerâmica iria ser fixada. Primeiramente, com o auxílio de um lápis, riscou-se os substratos de forma que entre cada cerâmica ficasse 1 cm de borda de massa, 4,8 cm da espessura da fita crepe, e mais 1 cm de argamassa da outra peça, totalizando assim 6,8 cm entre peças cerâmicas. Delimitado as áreas de cada placa cerâmica, 1 cm de sobra de argamassa ao redor da placa, e área de fita crepe, colou-se a fita como ilustra a fotografia 11.

Após a preparação da superfície, depositou-se argamassa sobre a desempenadeira do lado liso, com esta ferramenta aplicou-se a argamassa sobre o substrato em várias camadas, até que atingisse altura necessária para formação dos cordões de argamassa como demonstra a fotografia 9. Quando atingido a altura, com só um movimento, utilizando a desempenadeira do lado dentado, formou-se os cordões. Este procedimento foi realizado 4 vezes, uma vez para cada tipo de argamassa em cada tipo de substrato.

Fotografia 11 - Preparação da superfície e distribuição da argamassa.



Fonte: Autoria própria.

Com os cordões formados, verificou-se a altura que deve ser de 5 ($\pm 0,5$) cm com o auxílio de um paquímetro. Após 5 minutos dos cordões formados, iniciou-se o assentamento das placas cerâmicas. Para isso posicionou-se 10 placas cerâmicas em seus lugares previamente já demarcados. Em cada cerâmica assentada pressionou por 30 segundos. Este processo foi realizado 4 vezes, duas vezes em cada substrato, utilizando 2 tipos de argamassa. A fotografia 12 foi ilustra o processo.

Fotografia 12 - Assentamento das placas cerâmicas



Fonte: Autoria própria.

Por fim, foi retirado o excesso de argamassa apenas descolando a fita crepe. A fotografia 13 ilustra o substrato já limpo de excessos de massa, sendo que nas 2 primeiras linhas de placas cerâmicas foi utilizado a argamassa tipo AC I, e nas duas

últimas linhas tipo AC II. A parede protótipo com as cerâmicas assentadas ficou depositada no laboratório de materiais da UTFPR, campus Campo Mourão por 28 dias para um processo de cura da argamassa colante.

Fotografia 13 - Experimento em processo de cura



Fonte: Autoria própria.

5.3.4 Fixação das pastilhas metálicas sobre a placa cerâmica

No laboratório de materiais da UTFPR, possuí apenas 9 pastilhas metálicas para serem coladas na cerâmica, em função disso, os processos foram repetidos cinco vezes, dessa forma foi realizado o teste de tração para as 40 placas cerâmicas.

Após 28 dias da cura do material, incisou-se o teste de tração. Para isso, foi realizado uma limpeza na placa cerâmica com pano úmido, e na pastilha metálica lixou-se de modo que retirasse qualquer tipo de resíduo de ensaios anteriores. Logo após utilizou-se a cola epóxi da marca Araldite, demonstrada na fotografia 14, para realizar a união da pastilha e a placa cerâmica.

Fotografia 14 - Cola epóxi utilizada



Fonte: Tekbond (2021).

A cola foi aplicada na pastilha e na placa. A ABNT NBR 14081-4 (2012) exige o tempo de secagem de 72 horas após sua aplicação, o que não pode ser cumprido, devido às restrições de uso e acesso ao laboratório da universidade em virtude da pandemia de COVID-19. O tempo de secagem da cola foi de 30 minutos. Na fotografia 15 podemos observar as pastilhas fixadas nas placas cerâmicas.

Fotografia 15 - Pastilhas metálicas fixadas na placa cerâmica



Fonte: Autoria própria.

5.3.4 Ensaio de arrancamento das placas cerâmicas

O arrancamento das placas cerâmicas consiste em um ensaio onde é realizada uma força de tração na placa, até que haja uma ruptura entre os dois meios. Para realizar o ensaio, acoplou-se a máquina de arrancamento na peça metálica colada anteriormente como ilustrado na fotografia 16. Zerou-se a força registrada anteriormente no equipamento e iniciou-se a rotação da manivela de força que exercesse uma velocidade uniforme de $250 (\pm 50)$ N/s até a ruptura do material.

Fotografia 16 - Máquina de arrancamento acoplada na pastilha metálica



Fonte: Autoria própria.

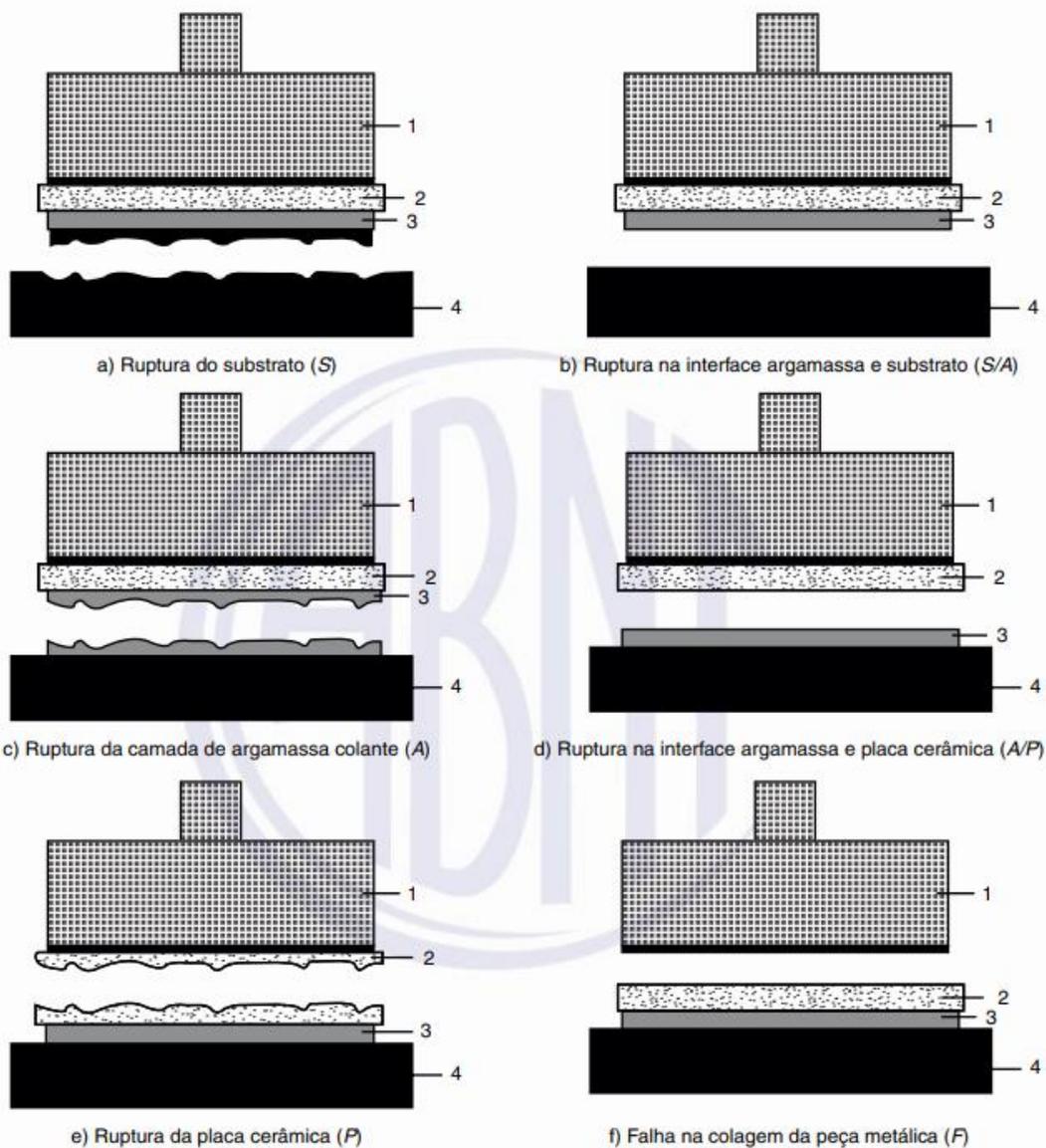
Em seguida deve-se registrar a força máxima aplicada (T) e o tipo de ruptura. Os tipos de ruptura são as possíveis causas do rompimento, e são descritas pela ABNT NBR 14081-4 (2012):

- 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);

- Falha na colagem da peça metálica (F).

Na figura 5 é possível observar melhor as causas de rompimento.

Figura 5 - Meios de ruptura no ensaio de resistência de aderência a tração



Fonte: ABNT NBR 14081-4 (2012, p. 5).

Legenda:

1. Pastilha metálica;
2. Placa cerâmica;
3. Argamassa colante;
4. Substrato-padrão.

5.3.5 Cálculo da resistência de aderência à tração

Com a força de ruptura coletada na etapa de arrancamento foi possível calcular a tensão de ruptura da placa segundo a equação 1:

$$f_t = \frac{T}{A} \quad (1)$$

Onde:

- f_t é a tensão de ruptura, expressa em megapascals (MPa);
- T é a força de ruptura, expressa em newtons (N);
- A é a área da placa cerâmica, expressa em milímetros quadrados (mm²).

Após a obtenção dos resultados, foi possível calcular a média de ruptura por tração das placas a cada série assentada, desconsiderando resultados obtidos por rupturas dos tipos S, P e F.

Como as placas cerâmicas foram cortadas em uma seção quadrada de 50mm, todas as 40 placas possuem uma área de 2500 mm².

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Com todos ensaios realizados e o processamento dos resultados, foi possível identificar o tipo de cada ruptura e tensão de arrancamento necessária para o deslocamento da cerâmica do substrato. Assim, conseguiu-se avaliar o desempenho do substrato na recepção de revestimentos e compará-los a performance exigida pela NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

Foi identificado dois tipos de ruptura:

- S/A – Ruptura na interface Argamassa colante e Substrato;
- A – Ruptura da camada de Argamassa colante.

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados do arrancamento no substrato placa cimentícia, nela encontra-se informações de área da placa cerâmica, força de arrancamento, tensão e tipo de ruptura das 20 cerâmicas, sendo que 10 foram aplicadas com argamassa tipo AC I, e 10 com tipo AC II. Vale ressaltar que o tipo de ruptura nesse substrato com as 20 placas foi totalmente do tipo A, ruptura da argamassa colante.

Tabela 5 - Resultados de ensaio na placa cimentícia com AC I

PLACA CIMENTÍCIA – ARGAMASSA TIPO: AC I				
CP	Área (mm²)	Força (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	2500	68,64	0,027	A
2	2500	49,03	0,019	A
3	2500	39,22	0,015	A
4	2500	39,22	0,015	A
5	2500	49,03	0,019	A
6	2500	39,22	0,015	A
7	2500	58,83	0,023	A
8	2500	68,64	0,027	A
9	2500	58,83	0,023	A
10	2500	58,83	0,023	A
VALOR MÉDIO =				0,021
DESVIO PADRÃO =				0,460%

Fonte: Autoria própria.

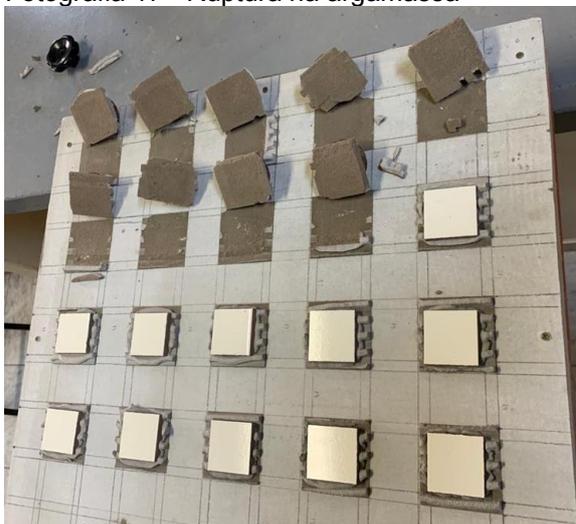
Tabela 6 – Resultados de ensaios na placa cimentícia com AC II

PLACA CIMENTÍCIA – ARGAMASSA TIPO: AC II				
CP	Área (mm²)	Força (N)	Tensão (MPa)	Tipo de Ruptura
1	2500	68,64	0,027	A
2	2500	78,45	0,031	A
3	2500	98,06	0,039	A
4	2500	68,64	0,027	A
5	2500	98,06	0,039	A
6	2500	98,06	0,039	A
7	2500	68,64	0,027	A
8	2500	98,06	0,039	A
9	2500	88,25	0,035	A
10	2500	107,87	0,043	A
VALOR MÉDIO =				0,034
DESVIO PADRÃO =				0,598%

Fonte: Autoria própria.

Outro ponto a destacar é que a média da tensão de ruptura com argamassa AC II (0,035 MPa), foi superior a argamassa AC I (0,021 MPa), resultado já esperado, devido a maior eficiência em colagem da primeira argamassa. A fotografia 17 reforça a uniformidade do tipo de ruptura, onde todos os tipos foram do “A” na placa cimentícia com argamassa AC I, ou seja, ruptura da argamassa.

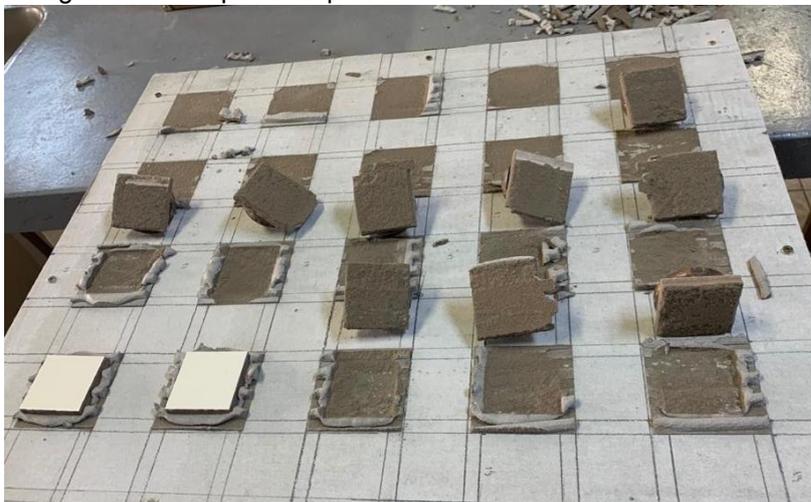
Fotografia 17 - Ruptura na argamassa



Fonte: Autoria própria.

Na fotografia 18, também foi observado que todas as cerâmicas obtiveram ruptura na argamassa AC II, da mesma forma que na argamassa de tipo inferior.

Fotografia 18 - Ruptura na placa cimentícia com AC II



Fonte: Autoria própria.

A tabela 7 a seguir informa a média da tensão de ruptura no substrato de placa cimentícia entre os dois tipos de argamassa ensaiados, além de o desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 7 - Resumo da eficiência de colagem das argamassas

RESUMO MÉDIAS DE PLACA CIMENTÍCIA		
	AC I	AC II
Média (MPa)	0,021	0,034
D. Padrão (%)	0,460%	0,598%
CV (%)	21,74	17,12

Fonte: Autoria própria.

A norma brasileira NBR 14081-1 (ASSOCIAÇÃO..., 2012, p. 3) cita que a tensão mínima de arrancamento, no processo de cura normal de 28 dias, deve alcançar 0,5 MPa para argamassas AC I e AC II.

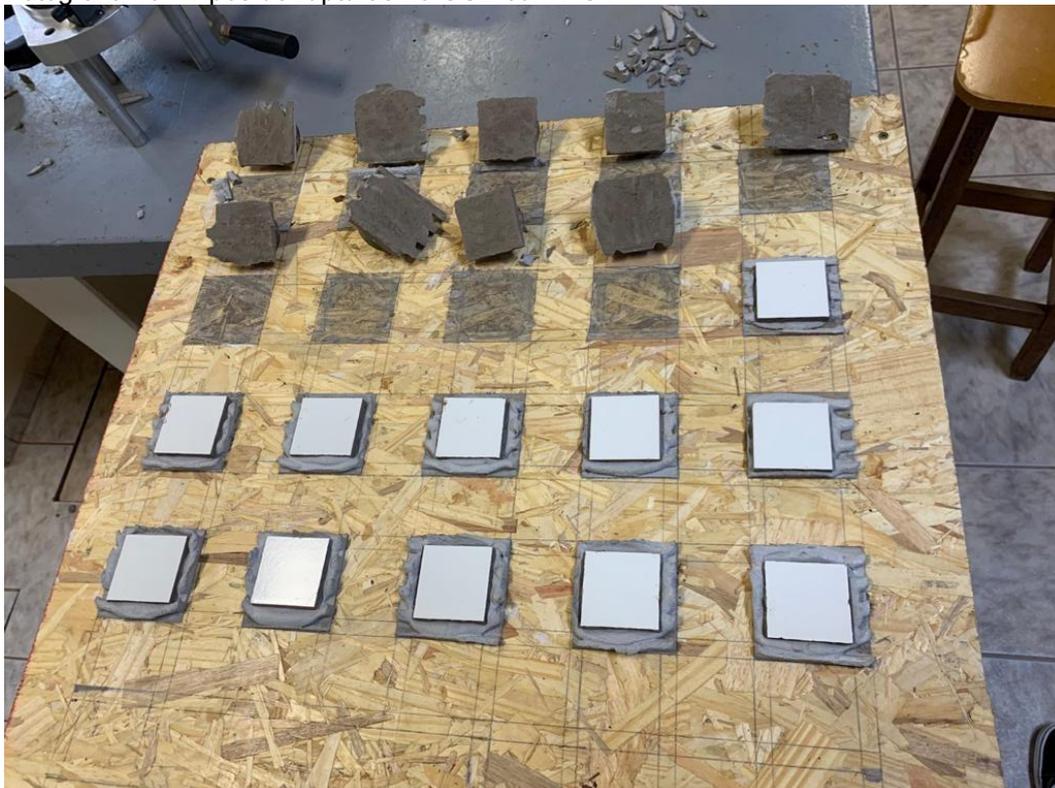
Observando os resultados obtidos na tabela 7, no substrato placa cimentícia, calculou-se que a média atingida na argamassa de tipo 1 foi apenas 4,23% do mínimo recomendando pela norma brasileira, assim como a de tipo 2 que atingiu 6,98%.

Vale ressaltar que a norma brasileira exige substrato padrão do tipo placa de concreto, diferentemente do que foi utilizado neste ensaio, não havendo nenhuma norma em que avalia a aderência de placas cerâmicas em substratos diferentes do citado acima. O mesmo ensaio foi realizado com o substrato tipo OSB.

Novamente o ensaio repetido com argamassas do tipo AC I e AC II sobre o substrato placa OSB. O grande destaque foi que as forças de ruptura resultarão em zero, conseqüentemente as tensões também zeraram. Esse resultado foi observado durante a realização do ensaio, antes mesmo de executar o arrancamento, principalmente no acoplamento da máquina de arrancamento onde as placas cerâmicas soltavam do substrato com um leve movimento do acoplamento ou na colagem da pastilha metálica. A placas que não se soltaram antes da execução não obtiveram tensão de ruptura significativa ou não foi possível o registro devido a resolução do equipamento de 1kgf.

Outro fator que vale salientar e que o tipo de ruptura foi igual em todas cerâmicas coladas com argamassa AC I, as rupturas foram do tipo S/A, ou seja, na interface entre o substrato e a argamassa. Na fotografia 19 pode-se visualizar a ruptura.

Fotografia 19 - Tipos de rupturas no OSB com AC I



Fonte: Autoria própria.

Com a argamassa AC II, os tipos de ruptura continuam os mesmos, todos foram do tipo S/A, ruptura da interface da argamassa e do substrato. Na fotografia 20 pode-se visualizar as rupturas.

Fotografia 20 - Tipos de rupturas no OSB com AC II



Fonte: Autoria própria.

A ruptura predominante observada no OSB mostra que o ponto fraco da adesão está entre o substrato e a argamassa. Este comportamento pode ser explicado devido a cola utilizada na fabricação da chapa OSB, segundo Silva (2011 apud SELLERS, 2001) o adesivo fenol-formaldeído é o mais utilizado na fabricação de OSB.

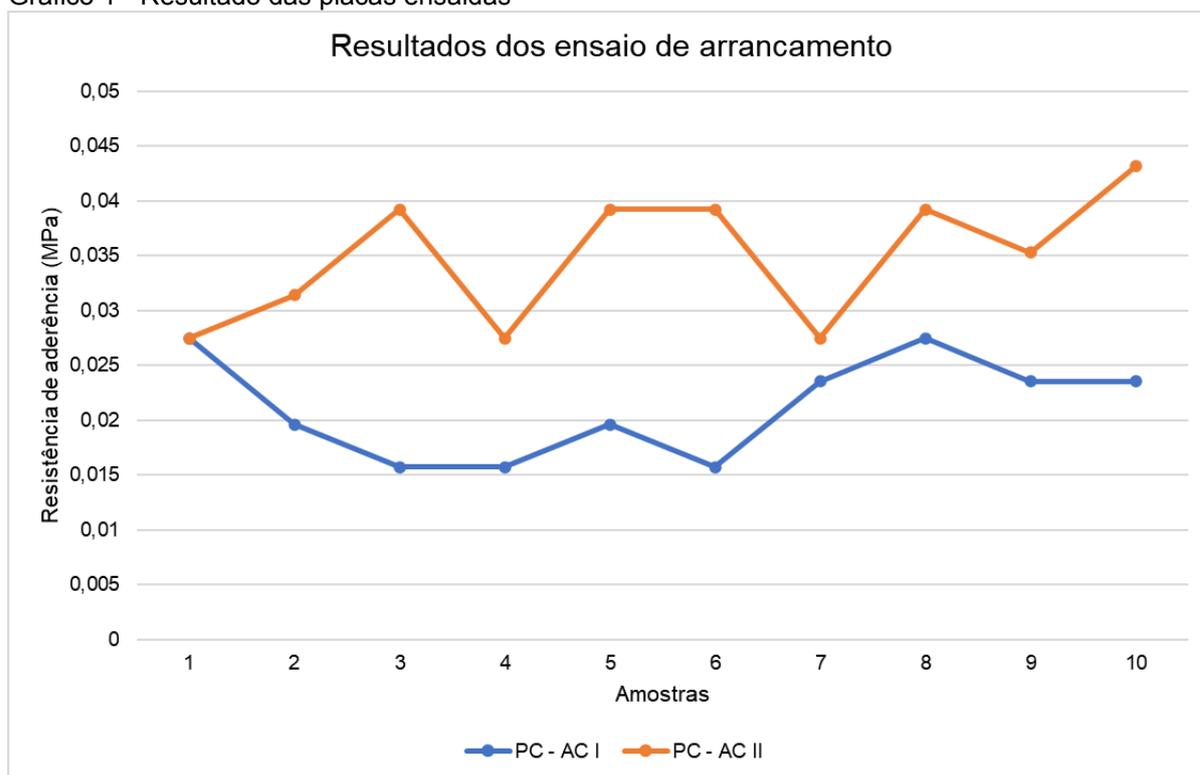
Santos e Curvelo (1999) explicam que resinas fenólicas além de serem utilizadas em colas para madeiras, também são aplicadas no seguimento de tintas, vernizes e esmaltes. Logo, essa resina utilizada no processo de fabricação da placa de madeira impede a ancoragem mecânica das placas cerâmicas no substrato através das argamassas. Além disso, Iwakiri et al. (2005), cita que parafina é utilizada na fabricação do OSB, e sua função é reduzir a higroscopicidade das partículas de madeira, tornando-as mais resistentes a absorção de água e ao inchamento.

As argamassas utilizadas durante o ensaio foram as de tipo 1 e 2, esses tipos dependem de ancoragem mecânica para fixação da cerâmica. De acordo com Santos (2008), aderência mecânica é a inserção da argamassa nos poros ou entre a

rugosidade do substrato, caracterizada pelo engaste entre as partículas da base de aplicação e da argamassa. Como os poros das madeiras foram preenchidas pelo adesivo no momento da fabricação e a parafina diminui ainda mais absorção da madeira, a eficiência da ancoragem da placa cerâmica ficou comprometida.

A resistência atingida é considerada indesejável em todos os casos com todos os substratos, visto que a maior resistência obtida foi a com argamassa AC II placa cimentícia, não atingiu ao menos 7% do mínimo exigido por norma. No gráfico 1 a seguir comparou-se as resistências atingidas placa a placa, com os dois tipos de argamassa. Neste gráfico foi desprezado os resultados no substrato OSB, visto o resultado nulo e sem efeito para comparação. Nota-se ainda que a argamassa do tipo 2 (0,021 MPa) obteve melhores resultados comparado com a do tipo 1 (0,035 MPa).

Gráfico 1 - Resultado das placas ensaiadas

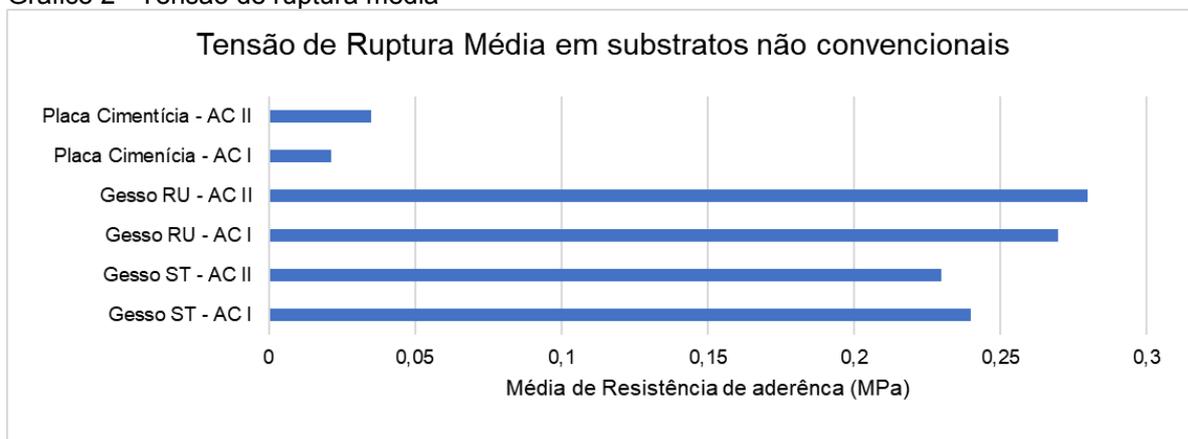


Fonte: Autoria própria.

Por fim, no gráfico 2, compara-se a média da resistência de arracamento entre os dois tipos de argamassa (AC I e AC II), na placa cimentícia, no gesso acartonado comum e resistente a umidade. Os resultados de gesso acartonado foram obtidos através de um trabalho que avaliou a resistência a aderência de placas cerâmicas sobre gesso acartonado dos tipos: resistente a umidade (RU) e o comum (ST).

Segundo Francescatto (2016), o resultado no gesso ST, argamassa do tipo 1 foi 0,24 MPa, no tipo 2, foi de 0,23 MPa, e no gesso RU, com argamassa tipo 1, a resistência ao arrancamento foi de 0,27 MPa, com tipo 2, 0,28 MPa.

Gráfico 2 - Tensão de ruptura média



Fonte: Adaptado de FRANCESCATTO (2016).

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos observa-se que a média da resistência ao arrancamento atingida pelas argamassas tipo 1 e 2, respectivamente, foram de 0,021 MPa e 0,034 MPa. No substrato OSB, a resistência obtida foi zero, ou seja, não houve nenhuma resistência ao arrancamento. É importante destacar que o substrato padrão orientado pela ABNT NBR 14081-4 (2012) é a placa de concreto, diferente do que foi utilizado nos ensaios.

Foi constatado que os resultados obtidos não atendem a norma brasileira, uma vez que a resistência mínima exigida pela ABNT é de 0,5 MPa para argamassas do tipo AC I e AC II. As tensões de arrancamento na placa cimentícia foram inferiores ao esperado, atingido apenas 4,23% da resistência mínima exigida na argamassa AC I, e 6,98% na AC II. O resultado obtido na placa OSB, pode ser esclarecido devido ao adesivo utilizado na fabricação da placa, juntamente com a parafina. Este adesivo é do tipo resina fenólica, e a resina acaba impermeabilizando os poros da madeira, impedindo a ancoragem mecânica das placas cerâmicas, já a parafina reduz a higroscopicidade da madeira, diminuindo ainda mais a absorção da argamassa.

Conclui-se através dos resultados dos testes realizados, que o conjunto substrato/argamassa que obteve maior desempenho testado neste trabalho foi o substrato placa cimentícia, com a argamassa AC II. E através dos resultados obtidos na placa OSB, não se recomenda a utilização do material como substrato de placas cerâmicas.

O Brasil já utiliza tecnologias de construção a seco, mesmo que em menor quantidade quando comparado a outros países, porém aqui, ainda não existe normas específicas para o assentamento de placas cerâmicas em substratos diferentes da placa de concreto. Por esse motivo sugere-se a realização de trabalhos futuros em diferentes substratos que ainda não foram testados, como por exemplo o compensado, ou também a utilização da argamassa AC III, que não foram aplicadas no OSB e placa cimentícia.

REFERÊNCIAS

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. Disponível em <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em: 11 setembro de 2020.

ALMEIDA, Alessandra Etuko Feuzicana de Souza. **Estudo da influência das adições de sílica ativa e copolímero estireno acrílico nas propriedades de argamassas para assentamento de porcelanato**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13817**: Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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.

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

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

BORTOLETTO JÚNIOR, Geraldo; GARCIA, José Nivaldo. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 563-570, 2004.

CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo; SCARTEZINI, Luiz Maurício. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, v. 4, n. 2001, p. 43-67, 2001.

CÉSAR, Antônia Amanda. **Estudo da Interação Adesivo-Partícula em Painéis OSB (Oriented Strand Board)**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras.

DIAS, Gustavo Lacerda et al. Análise de desempenho estrutural aplicada a paredes em painéis de madeira revestidos com elementos cerâmicos. 2000.

DONDI, M.; RAIMONDO, M.; ZANELLI, C. Resistência ao manchamento de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 5, p. 39-45, 2008.

DUODECENAL, ELABORAÇÃO DO PLANO. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-MME. 2009.

FRANCESCATTO, Taciane Roberta. **Análise da resistência de aderência de placas cerâmicas em chapas de gesso acartonado**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GRAVAS, Douglas. **Déficit habitacional é recorde no País**. O estado de São Paulo 2019. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,deficit-habitacional-e-recorde-no-pais,70002669433>. Acesso em 25 de setembro de 2020.

HOFMANN, Giane Alfenas Antunes. Tratamentos de juntas invisíveis em placas cimentícias no fechamento de sistemas Light Steel Framing. 2015.

INOCENTI, Rodrigo Sebastião Dejato; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. Estudo do sistema construtivo Light Steel Framing: uma abordagem geral. 2018.

IWAKIRI, S.; MENDES, L.; SALDANHA, L. Produção de chapas de partículas orientadas "OSB" de *Eucalyptus grandis* com diferentes tipos de teores de resina, parafina e composição de camadas. **Ciência Florestal**. 2005. Universidade Federal de Santa Maria.

MENDES, Rafael Farinassi. **Efeito do tratamento térmico sobre as propriedades de painéis OSB**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MORENO JUNIOR, RAFAEL; SELMO, SM de S. Aderência de argamassas de reparo de estruturas de concreto. **Boletim técnico da escola politécnica da USP. São Paulo**, 2007.

NETO, Alexandre Hess; FAGUNDES, Fillipe Pereira. Tecnologia na construção civil: sistema drywall. **Engenharia Civil-Pedra Branca**, 2020.

NUNES, Heloa Palma. Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical, do curso de Engenharia Civil da UTFPR. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes de Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos / Antonio Pedro Novaes de Oliveira, Dachamir Hotza. 2. ed. rev. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2015.

PAES, Isaura Nazaré Lobato. Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação. **Universidade de Brasília**, 2004.

PEREIRA, Caio. Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>. Acesso em: 23 de agosto de 2020.

PEREIRA, Eduardo. **Estudo da influência das propriedades de argamassas colantes na resistência de aderência de revestimentos cerâmicos aplicados no assentamento de piso sobre piso**. 2012.

PÓVOAS, Yêda Vieira; JOHN, Vanderley Moacyr; CINCOTTO, Maria Alba. Influência da perda de água por evaporação na resistência de aderência entre argamassa colante e placa cerâmica. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 2, p. 7-18, 2002.

Resistência à abrasão superficial (PEI). Disponível em: https://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqtema/guiaceramica-completo/02/content/02010307_resistencia_abrasao_superficial. Acesso em: 11 de setembro de 2020

SANTOS, Fernando dos; CURVELO, Antônio Aprígio S. **Utilização de ligninas em resinas fenólicas: 1. Preparação de novolacas a partir de lignossulfonatos**. São Carlos, 1999.

SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TAGLIABOA, Luís Claudio. Contribuição ao Estudo de Sistemas De Vedação Auto Portante. Disponível em: https://www.sicablocos.com.br/tese_defendida.pdf. Acesso em 23 ago. 2020.

TEKBOND. Araldite Hobby. Disponível em: <<https://www.tekbond.com.br/pt-br/produtos/araldite/araldite-hobby>>. Acesso em 02 de abril de 2021.

THALLON, Rob. **Graphic guide to interior details: for builders and designers**. Newtown: The Taunton Press, 3a edição, 1997.