



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LARISSA RAYANE DE SOUSA ALVES E SILVA

**ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS COLANTES
INDUSTRIALIZADAS PARA ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICAS E
SUA ANÁLISE DE QUALIDADE NA BRASIL QUÍMICA MINERAÇÃO
INDUSTRIAL LTDA**

MOSSORÓ-RN

2017

LARISSA RAYANE DE SOUSA ALVES E SILVA

**ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS COLANTES
INDUSTRIALIZADAS PARA ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICAS E
SUA ANÁLISE DE QUALIDADE NA BRASIL QUÍMICA MINERAÇÃO
INDUSTRIAL LTDA**

Monografia apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de
Engenharias para a obtenção do título de
Engenheira Química.

Orientadora: Profa. Dra. Kalyanne Keyly
Pereira Gomes – UFERSA.

MOSSORÓ-RN

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

d
586e de Sousa Alves e Silva, Larissa Rayane.
ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS
COLANTES INDUSTRIALIZADAS PARA ASSENTAMENTO DE
PLACAS CERÂMICAS E SUA ANÁLISE DE QUALIDADE NA
BRASIL QUÍMICA MINERAÇÃO INDUSTRIAL LTDA /
Larissa Rayane de Sousa Alves e Silva. - 2017.
37 f. : il.

Orientadora: Kalyanne Keyly Pereira Gomes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2017.

1. Argamassa Colante. 2. Fabricação. 3.
Qualidade. I. Pereira Gomes, Kalyanne Keyly,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LARISSA RAYANE DE SOUSA ALVES E SILVA

**ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS COLANTES
INDUSTRIALIZADAS PARA ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICAS E
SUA ANÁLISE DE QUALIDADE NA BRASIL QUÍMICA MINERAÇÃO
INDUSTRIAL LTDA**

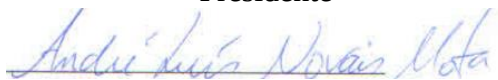
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Centro de Engenharias para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química.

DATA DE APROVAÇÃO: 18/05/2017

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Kalyanne Keyly Pereira Gomes – UFERSA
Presidente



Prof. André Luis Novais Mota – UFERSA
Primeiro Membro



Prof. Manoel Reginaldo Fernandes- UFERSA
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser meu refúgio, sustento e luz.

A minha família pelo apoio, confiança e suporte. Em especial a minha mãe por sempre acreditar, investir e ser acima de tudo minha fonte de energia.

A universidade e todo corpo docente por fornecer todas as ferramentas e aprendizados que me permitiram chegar ao final deste ciclo.

Aos meus amigos por toda ajuda e companheirismo ofertados durante toda a trajetória.

A minha supervisora de estágio por todos os conhecimentos repassados, pelo acompanhamento e colaboração positiva em todo o período de estágio.

A minha orientadora pela disponibilidade e apoio que contribuíram para minha formação profissional.

A empresa Brasil Química Mineração Industrial Ltda pela oportunidade de estágio.

A banca examinadora pela atenção e disponibilidade.

Por fim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para o meu crescimento pessoal e profissional bem como para conclusão desta etapa.

RESUMO

O presente trabalho objetivou acompanhar o processo de fabricação de argamassas industriais desenvolvidas pela empresa Brasil Química Mineração Industrial Ltda. (BQMIL) e caracteriza-las, tendo como foco principal o estudo das argamassas colantes para assentamento de placas cerâmicas. As argamassas foram obtidas utilizando como matérias-primas: areia (agregado miúdo), cimento Portland (aglomerante) e aditivos químicos. Foi feita a avaliação da qualidade e do desempenho das argamassas colantes através de ensaios realizados conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Inicialmente caracterizou-se o agregado através da análise granulométrica, de acordo com a NBR 7217 (1987). Após a obtenção da argamassa foram feitos os ensaios de: determinação da resistência de aderência à tração simples em função do tipo de cura, (cura ao ar, cura submersa, cura em estufa) (NBR 14081-4) e determinação do tempo em aberto NBR (14081-3). Conforme os resultados obtidos constatou-se que as argamassas fabricadas pela BQMIL atendem as especificações estabelecidas pela norma NBR 14081 (2012).

Palavras chaves: Argamassa colante, fabricação, qualidade.

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxograma operacional de produção das argamassas colantes.	18
Figura 2 - Materiais e equipamentos utilizados na preparação da argamassa.....	20
Figura 3 - Aplicação da argamassa no substrato-padrão (ABNT NBR 14081-3:2012).20	
Figura 4 - Ensaio de determinação da resistência de aderência à tração.....	22
Figura 5 - Tipos de Ruptura	23
Figura 6 - Teste de Quick Open Time.	24
Figura 7 - Teste de Arrancamento	25

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Especificações técnicas para as argamassas colantes.....	15
Tabela 2 - Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC I.	26
Tabela 3 - Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC II.	27
Tabela 4 - Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC III.....	28
Tabela 5 – Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC III- E Branca.....	30
Tabela 6 - Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC I.....	31
Tabela 7 - Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC II.....	32
Tabela 8 - Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC III	32
Tabela 9 - Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC III-E.....	33

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1.	ARGAMASSA.....	11
2.1.1.	Materiais	12
2.2.	ARGAMASSA COLANTE INDUSTRIALIZADA.....	13
3.	METODOLOGIA.....	16
3.1.	MATERIAIS	16
3.2.	EQUIPAMENTOS.....	17
3.3.	PRODUÇÃO DA ARGAMASSA.....	17
3.4.	PREPARAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE	19
3.5.	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE	21
3.5.1.	Determinação da resistência de aderência à tração.....	21
3.5.2.	Tempo em aberto	22
3.5.3.	Teste de arrancamento por tração manual	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	26
4.2.	TEMPO EM ABERTO	31
5.	CONCLUSÃO.....	34
6.	REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Esta indústria é responsável por um consumo considerável de materiais, seja em quantidade ou diversidade.

Dentre os materiais de construção civil têm-se as argamassas. Argamassas são constituídas por materiais com propriedades de aderência e endurecimento obtidos através da mistura de aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo ser empregados aditivos. Elas podem ser preparadas em obras ou em indústrias. As argamassas industrializadas apresentam vários tipos de acordo com sua aplicação, podendo ser para revestimento, para assentamento, para rejuntamento e argamassas colantes. (REGATTIERE, 2013).

Uma argamassa de qualidade deve ser elaborada e produzida para obter o melhor desempenho e durabilidade. Deve-se ter como enfoque algumas propriedades, tais como: tempo em aberto, deslizamento, resistência à aderência, trabalhabilidade, durabilidade e plasticidade.

A qualidade da argamassa depende tanto das características dos materiais, como do preparo e manuseio adequados (tempo de mistura, tempo de utilização, aplicação e acabamento).

A empresa Brasil Química Mineração Industrial Ltda. – BQMIL atende o mercado da construção civil, voltado para a produção e comercialização de argamassas de assentamento, revestimento e rejuntamento, além de materiais acrílicos impermeabilizantes. As atividades da BQMIL foram iniciadas em 1994 e hoje, a mesma, integra o grupo “A Construtora”, com distribuição de 26 lojas no Nordeste Brasileiro. Localizada as margens da BR 110, Km 31 do município de Mossoró, a fábrica possui capacidade máxima produtiva de 12.000 sacos de argamassa/dia, com 75% da sua capacidade máxima produtiva correspondente a argamassas colantes, atendendo os mercados dos seguintes estados: Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Ceará (CE), Pernambuco (PE), Piauí (PI) e Bahia (BA).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo acompanhar o processo de produção da argamassa colante produzida pela empresa Brasil Química Mineração

Industrial Ltda. e analisar a qualidade desta argamassa através dos testes preconizados pela norma NBR 14081 (2012).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste item, serão discutidos aspectos teóricos referentes às argamassas, tais como: definição, histórico, características e classificação.

2.1.ARGAMASSA

Trata-se de uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerantes inorgânicos e água, podendo conter ou não aditivos ou adições que apresentam propriedades de aderência e endurecimento. Pode ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) (SILVA, 2008).

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995), as argamassas preparadas em obra são aquelas em que a medição e a mistura dos materiais ocorrem no próprio canteiro de obras. O preparo da argamassa industrializada é realizado na obra fazendo apenas a adição da água, pois a mistura dos materiais, agregados, aglomerantes e, em alguns casos, aditivos, é feita em fábricas, onde é devidamente ensacada e vendida. As argamassas industrializadas, quanto a sua aplicação, podem ser dos seguintes tipos: para revestimento, para assentamento, para rejuntamento e argamassas colantes. (REGATTIERE, 2013).

Argamassa de revestimento é utilizada para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, etc. Para revestimentos externos, garante proteção à alvenaria e à estrutura contra a ação do intemperismo. Integra o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais.

A argamassa de rejuntamento é voltada para a vedação das juntas entre as peças cerâmicas, permitindo a substituição das mesmas se necessário, atua também nos ajustes dos defeitos de alinhamento e absorve pequenas deformações do sistema.

Argamassa de assentamento é usada para a elevação de paredes e muros de tijolos ou blocos. As principais funções das juntas de argamassa na alvenaria são unir os blocos para constituir um elemento monolítico, distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos, selar as juntas garantindo a estanqueidade da parede, absorver as deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem, a que a alvenaria estiver sujeita.

2.1.1. Materiais

Os materiais constituintes das argamassas são:

- **Areia:** As areias utilizadas na preparação de argamassas podem ser originárias de rios, cava, britagem (areia de brita, areia artificial). O agregado miúdo ou areia é um constituinte das argamassas de origem mineral, de forma particulada, com diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm. A granulometria do agregado tem influência nas proporções de aglomerantes e água da mistura. Desta forma, quando há deficiências na curva granulométrica (isto é, a curva não é contínua) ou excesso de finos, ocorre maior consumo de água de amassamento, reduzindo a resistência mecânica e causando maior retração por secagem na argamassa.
- **Aglomerantes:** são materiais ativos, cuja principal função é formar uma pasta que promove a união entre os grãos do agregado. São utilizados na obtenção das argamassas e concretos. Como exemplo dos materiais aglomerantes tem-se: cal gesso, cimento e materiais betuminosos (AMBROZEWICZ, 2012). O cimento Portland possui propriedade aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, sendo assim denominado aglomerante hidráulico. A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada, sobretudo para a resistência mecânica e melhor capacidade de aderência à base.

Os aglomerantes podem ser classificados, quanto ao seu princípio ativo, em aéros e hidráulicos. Os aéreos são aqueles que endurecem pela ação química do CO_2 no ar, como por exemplo, a cal aérea e o gesso, ou seja, são produtos de hidratação que não resistem à ação da água.

Já os hidráulicos são aqueles que endurecem pela ação exclusiva da água de amassamento, como por exemplo, a cal hidráulica, o cimento Portland, entre outros (AMBROZEWICZ, 2012).

- **Aditivos:** Os aditivos são compostos adicionados em pequena quantidade à mistura, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades da argamassa no estado fresco e no estado endurecido e sua quantidade é expressa em porcentagem do aglomerante. Usualmente, através do uso de aditivos, procura-se diminuir a retração na secagem (para diminuir fissuração), aumentar o tempo de pega e manter a plasticidade (para facilitar a trabalhabilidade), aumentar a retenção de água e por fim, aumentar a aderência da argamassa ao substrato.
- **Água:** A água confere continuidade à mistura, permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes, sobretudo as do cimento. A água, embora seja o recurso diretamente utilizado pelo pedreiro para regular a consistência da mistura, fazendo a sua adição até a obtenção da trabalhabilidade desejada, deve ter o seu teor atendendo ao traço pré-estabelecido, seja para argamassa dosada em obra ou na indústria. Considera-se a água potável como a melhor para elaboração de produtos à base de cimento Portland. Não devem ser utilizadas águas contaminadas ou com excesso de sais solúveis.

2.2.ARGAMASSA COLANTE INDUSTRIALIZADA

As argamassas colantes, conhecidas como argamassas prontas, são constituídas basicamente de cimento Portland, agregados minerais e aditivos. Estes aditivos são responsáveis por conferir maior capacidade de retenção de água, melhor trabalhabilidade e maior adesividade e flexibilidade às argamassas.

Antes do surgimento das argamassas colantes no mercado, o assentamento das placas cerâmicas era feito com argamassas convencionais, sem uso de aditivos, as quais eram misturadas nos próprios canteiros de obras. A camada de argamassa utilizada era de aproximadamente 20mm de espessura, o que acarretava grandes perdas de água, tanto por sucção como por evaporação (FIORITO, 1994). Com o surgimento de novos produtos no mercado, o consumo de revestimentos cerâmicos aumentou

inesperadamente, fazendo-se necessário o desenvolvimento de uma argamassa com garantia de qualidade e durabilidade do revestimento, aliadas a um baixo custo e maior produtividade.

A primeira argamassa colante surgiu no Brasil por volta de 1971, inspirada na “dry-set mortár” (FIORITO, 1994), que já vinha sendo empregada nos Estados Unidos, Europa e Japão (OHAMA, 1984 apud OLIVEIRA, 2004). Essa denominação se deve ao fato da argamassa ser uma mistura pronta, necessitando, unicamente, o acréscimo de água. Na década de 80, as indústrias brasileiras passaram a produzir a argamassa colante em maior escala, surgindo a necessidade de uma normalização específica. O Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados, CB-18 da ABNT, iniciou os estudos para normalização das argamassas colantes em 1994 (SILVA, C.O., 2003), tendo sido os projetos de norma aprovados e publicados em 1998, dando origem às NBR 14081 a 14086/2012.

Os tipos de argamassa colante fabricados atualmente no País são preconizados na normalização brasileira NBR 14081 (ABNT, 2012), classificados em função do deslizamento, da resistência de aderência à tração, e do tempo em aberto. A classificação estabelecida na norma está vinculada à indicação do local de utilização e ao desempenho desejado: argamassa tipo AC-I é utilizada para revestimento interior, a do tipo AC-II é utilizada para revestimento interior e exterior, e a do tipo AC-III tem a mesma aplicação que o tipo AC-II, mas com resistência superior. Para aplicações especiais acrescentam-se as letras E e/ou D, onde tipo E compreende as argamassas dos tipos I, II e III, com tempo em aberto estendido. A normalização não prescreve a quantidade de água a ser adicionada, bem como a escolha e a proporção dos materiais constituintes (aditivos, agregado e aglomerante), sendo os mesmos determinados pelos próprios fabricantes.

As argamassas colantes devem atender as especificações técnicas das normas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1- Especificações técnicas para as argamassas colantes

Requisito		Método de ensaio	Unidade	Critério		
				ACI	ACI I	ACIII
Tempo em aberto		ABNT NBR 14081-3	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Resistência de aderência à tração aos 28 dias, em função do tipo de cura	Cura normal	ABNT NBR 14081-4	MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura submersa		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura em estufa		MPa		≥ 0,5	≥ 1,0

Fonte: ABNT NBR 14081-1 (2012).

2.2.1 CARACTERIZAÇÃO

As argamassas colantes apresentam propriedades que asseguram um bom desempenho na sua aplicação. Dentre elas, a propriedade fundamental que diferencia as argamassas colantes convencionais das argamassas tradicionais é a sua capacidade de retenção de água. Esta propriedade permite que o material seja aplicado em camada fina, sem perder para a base ou para o ar, a quantidade de água necessária à hidratação do cimento Portland (MEDEIROS e SABBATINI, 1999).

Além da retenção de água, considera-se como requisitos fundamentais ao desempenho das argamassas colantes, o tempo em aberto, o deslizamento, a resistência à aderência, a trabalhabilidade e a plasticidade.

Entende-se por tempo em aberto o tempo disponível para a aplicação das cerâmicas após o espalhamento da argamassa sobre a base (PÓVOAS, JOHN e CINCOTTO, 1997). Este tempo depende da temperatura, umidade do ar e do vento (MAS, 1995). O ensaio a ser realizado é descrito pela NBR 14.083.

Deslizamento é o ato indesejável de escorregamento das placas cerâmicas sobre os cordões frescos de argamassa colante, quando assentadas sobre uma superfície vertical ou inclinada (PÓVOAS, JOHN e CINCOTTO, 1997). O ensaio de deslizamento é preconizado pela NBR 14.085

Resistência de aderência à tração simples é a tensão máxima suportada por um corpo-de-prova, quando submetido a esforço normal de tração simples. Para a descrição do ensaio de resistência a aderência por tração utiliza-se a NBR 14.084.

Durabilidade é a capacidade de uma argamassa em manter as suas propriedades química e física com o passar do tempo, sob as condições impostas pelo ambiente, sem que suas funções sejam descumpridas.

Plasticidade corresponde à capacidade da argamassa absorver aos esforços de deformação.

3. METODOLOGIA

Neste item será descrito o processo de produção da argamassa colante, assim como os materiais, métodos e equipamentos utilizados para a caracterização da mesma. O trabalho foi dividido em duas partes:

- a) Parte I: fabricação da argamassa;
- b) Parte II: preparação e caracterização da argamassa através de ensaios estabelecidos pelas normas da ABNT.

3.1.MATERIAIS

Como discutido anteriormente, os principais constituintes das argamassas colantes são: areia, calcário, aglomerante e aditivo. Abaixo será feita uma breve definição sobre estes constituintes.

- **Agregado miúdo:** Neste trabalho utilizou-se areia com dimensões maiores que 0,075 mm e menores que 1,18mm, e calcários.
- **Aglomerantes:** Foi utilizado o cimento Portland com adição de fíler (CP II F).
- **Aditivos:** Na BQMIL, utiliza-se como aditivos os retentores de água, que são responsáveis pela redução da absorção de água pelo substrato; e polímeros (adesivos), que conferem uma maior aderência química com o substrato.

- **Água:** proveniente da Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

3.2.EQUIPAMENTOS

Os principais equipamentos e utensílios usados na fabricação, preparação e análise da argamassa são:

- Torre de peneiras
- Forno
- Peneiras
- Misturador
- Balança
- Misturador eletrônico
- Cronômetro
- Equipamento à tração
- Placas cerâmicas e placas metálicas;
- Desempenadeira de aço com dentes;
- Massas-padrão e substratos.

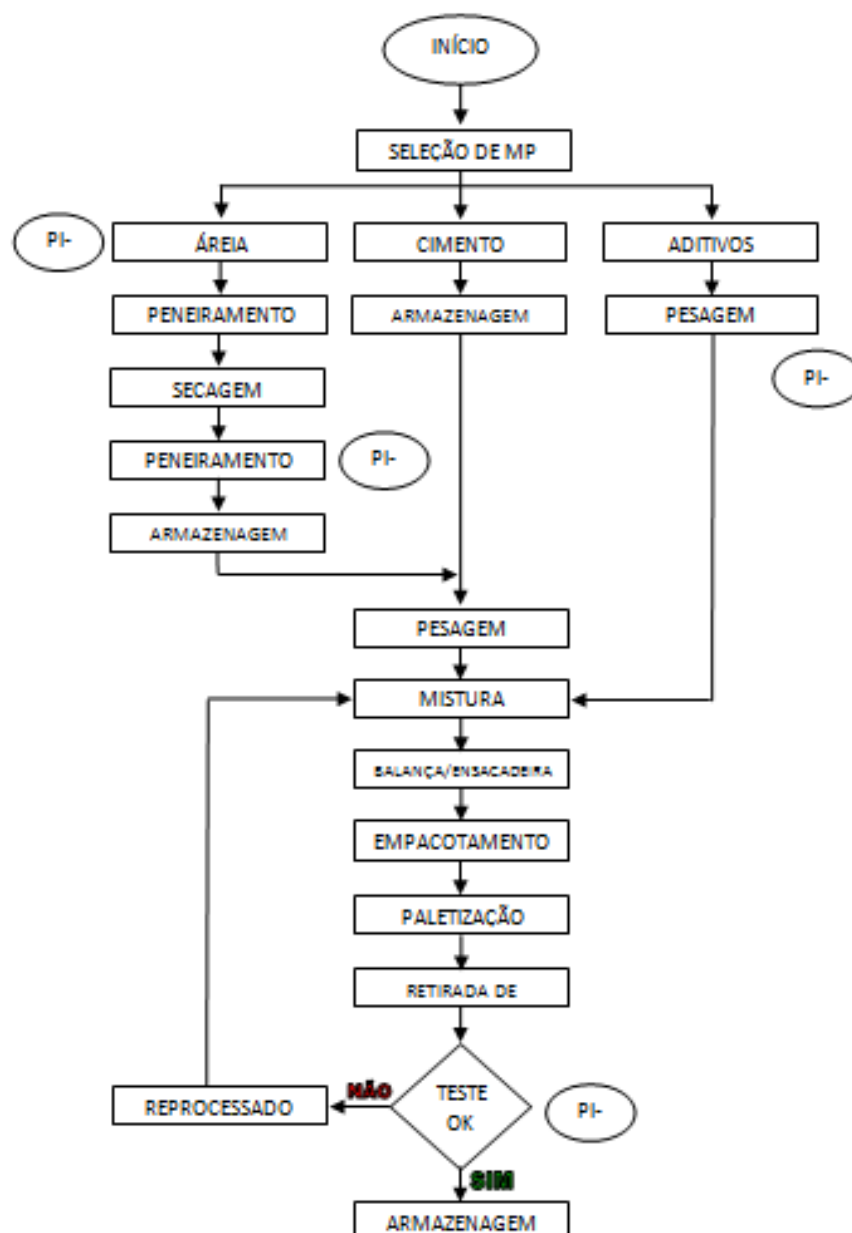
3.3.PRODUÇÃO DA ARGAMASSA

O processo produtivo da argamassa inicia-se com o peneiramento da areia *in natura* na torre de peneiras com o objetivo de selecionar o material que passa na peneira de $\phi 2,4$ mm. Em seguida, a areia selecionada é enviada para o forno, onde será aquecida a uma temperatura média de 110° C para retirar a umidade presente na mesma. Este procedimento evita a petrificação do cimento quando entra contato com a areia. Posteriormente, é realizado outro peneiramento da areia que saiu do forno, a qual é selecionada a areia passante na peneira de $\phi 1,18$ mm e retida na $\phi 0,75$ mm, em seguida é realizado o armazenamento da mesma no silo.

Após a realização da análise granulométrica, as matérias-primas (areia, cimento e aditivos) são pesadas, de acordo com a formulação de cada tipo de argamassa colante a ser produzida. Após a pesagem, as matérias-primas, através de um dispositivo

presente na balança, são despejadas diretamente no misturador, onde serão misturadas por um período de 7 a 10 minutos. Decorrido o tempo de mistura, a argamassa produzida segue para a ensacadeira, onde é ensacada e enviada para o depósito. A Figura 1 apresenta o fluxograma operacional de produção das argamassas colantes.

Figura 1 - Fluxograma operacional de produção das argamassas colantes.



Fonte: Autoria própria (2017)

3.4.PREPARAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE

A preparação da argamassa colante é realizada de acordo com a NBR 14081-3(2012). Para o preparo desta argamassa, pesa-se 2,5 kg da argamassa seca e a quantidade de água de amassamento de acordo com as indicações do fabricante, com temperatura entre (23 ± 2) °C. Sob estas condições a argamassa seca é então transferida para um saco plástico limpo, seco e resistente para que possa ser agitado energeticamente por 3 minutos para dispersão dos aglomerantes. A partir deste momento, a mistura estará pronta para ser adicionada a água, ao misturador, o qual é ligado em velocidade lenta (62 ± 5) rpm, durante 30 segundos.

Em seguida, a mistura deve ser homogeneizada manualmente, por 60 segundos. Aciona-se novamente o misturador, durante mais 60 segundos ainda em velocidade lenta. Após isso, a argamassa deve ficar em maturação, coberta por um pano úmido durante 10 minutos. Passados os 10 minutos, liga-se o misturador por 15 segundos na velocidade lenta (60 ± 5) rpm, finalizando o preparo da argamassa que deverá ser aplicada com intervalo máximo de 15 minutos a contar do término da mistura. Durante este período o recipiente com a argamassa deve permanecer coberto com pano úmido.

Após a preparação da argamassa, a mesma é aplicada sobre o substrato padrão e, com o lado liso da desempenadeira faz-se uma base. Novamente, coloca-se uma segunda camada de argamassa sobre o substrato-padrão e puxam-se os cordões com o lado denteado da desempenadeira. As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, alguns materiais e equipamentos utilizados na preparação da argamassa, e a aplicação da argamassa no substrato-padrão.

Figura 2- Materiais e equipamentos utilizados na preparação da argamassa



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 3- Aplicação da argamassa no substrato-padrão (ABNT NBR 14081-3:2012).



Fonte: Autoria própria (2017)

3.5.CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA COLANTE

Após a preparação da argamassa, a mesma será caracterizada através dos seguintes ensaios: determinação da resistência de aderência à tração (cura ao ar, cura submersa e cura em estufa) e determinação do tempo em aberto. Estes ensaios foram realizados no Laboratório de Controle de Qualidade da BQMIL durante o mês de março e abril de 2017.

3.5.1. Determinação da resistência de aderência à tração

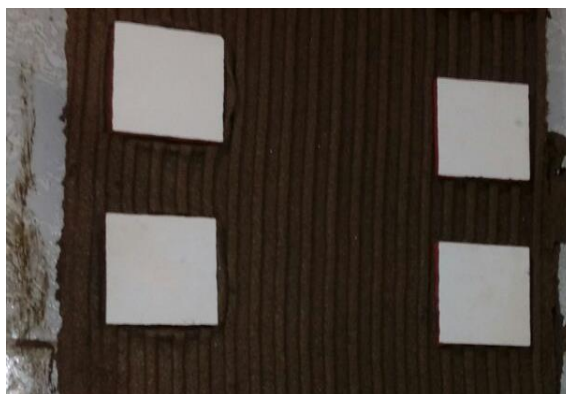
O ensaio da determinação da resistência de aderência à tração foi realizado seguindo as recomendações descritas na ABNT NBR 14081-4(2012). Este ensaio tem como objetivo determinar a resistência de aderência à tração quando a argamassa encontra-se imersa na água, nas condições normais do ambiente e em estufa.

Inicialmente, aplica-se a argamassa no substrato padrão. Decorridos 5 minutos após a aplicação da argamassa no substrato posicionam-se as placas cerâmicas (5 cm x 5 cm), sobre a argamassa estendida em cordões, como ilustrado na Figura 4. Coloca-se sobre cada placa cerâmica, centralizadamente, a massa-padrão de 2 kg. O intervalo de tempo entre a primeira e a última massa-padrão não pode exceder 30 segundos.

Para o ensaio de determinação de resistência à tração (cura normal), o conjunto (substrato-padrão, argamassa e placa cerâmica) deve ser mantido por 28 dias nas condições ambiente do laboratório. Quanto ao ensaio de cura com imersão em água, o conjunto deve ser mantido inicialmente por 7 dias nas condições ambiente e 20 dias submerso na água, o qual deve ser retirado 72 horas antes do ensaio de resistência.

Após o período de cura, o conjunto (substrato-padrão, argamassa e placa cerâmica) é submetido ao teste de arrancamento, que consiste no deslocamento das placas cerâmicas. As peças cerâmicas são arrancadas através da célula de carga, a qual fornece a tensão de ruptura para cada corpo de prova.

Figura 4-Ensaio de determinação da resistência de aderência à tração



Fonte: Autoria própria (2017)

3.5.2. Tempo em aberto

O ensaio de tempo em aberto foi realizado de acordo com a ABNT NBR 14081-3(2012). Este ensaio tem como objetivo determinar a resistência de aderência da argamassa quando as placas cerâmicas são colocadas no tempo estabelecido pela norma ABNT NBR 14081-1 (2012). Essa norma recomenda que para a argamassa colante do tipo I, o tempo em aberto deve ser maior ou igual a 15 minutos, e para a argamassa colante do tipo II e III o tempo deve ser maior ou igual a 20 minutos. Nestes tempos citados, a argamassa não deve perder sua propriedade adesiva.

O tempo em aberto de uma argamassa colante é o tempo máximo, depois de estendidos os cordões, em que as placas ainda podem ser assentadas dentro da resistência de arrancamento estabelecida pela norma NBR 14081 (2012). Um dos fatores que influencia é a perda de água que ocorre tanto por evaporação quanto por sucção pela base. Esta perda de água diminui progressivamente a resistência de aderência do revestimento cerâmico.

Para que as argamassas atendam aos requisitos estabelecidos pela norma, faz-se a adição de polímeros retentores de água. Sem estes aditivos, em poucos minutos a argamassa perde a trabalhabilidade e seca completamente, tornando a aplicação difícil e a adesão nula.

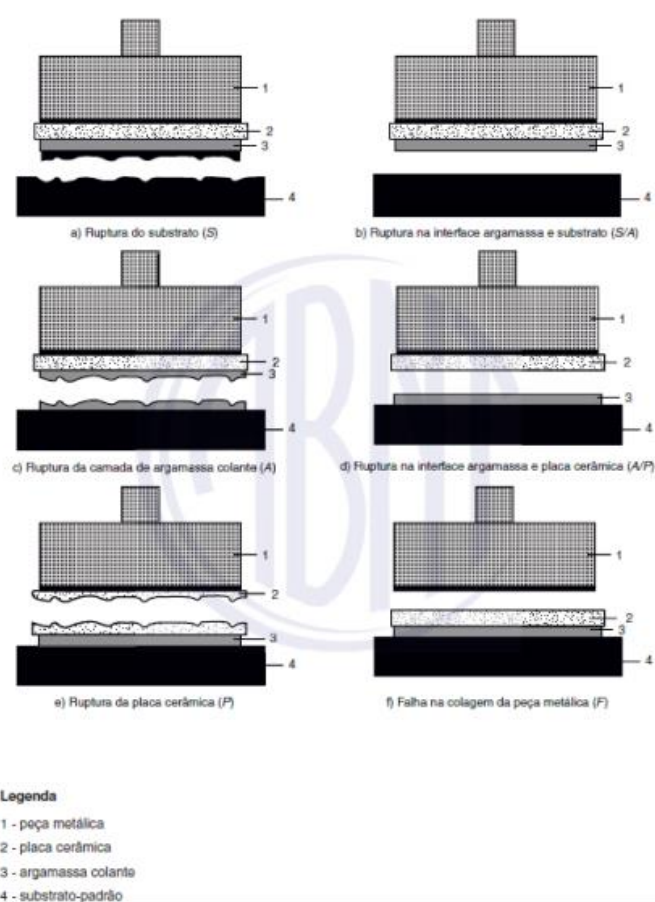
Para execução deste ensaio, estende-se inicialmente a argamassa no substrato padrão. Ao término da aplicação da argamassa no substrato, aciona-se o cronômetro, e após 5 minutos coloca-se a primeira placa cerâmica (5 cm x 5 cm), em seguida com 10 e 15 minutos aplicam-se novamente as placas cerâmicas sobre a argamassa estendida em

cordões. Coloca-se sobre cada placa cerâmica, no centro, a massa-padrão de 2 kg. O intervalo de tempo entre a primeira e a última massa-padrão não pode exceder 30 segundos.

As placas cerâmicas são mantidas no substrato durante 28 dias. Após esse período, realiza-se o teste de arrancamento por tração simples. As placas são arrancadas através da célula de carga, a qual fornece a tensão de ruptura para cada corpo de prova. A partir do resultado obtido segundo NBR 14081-3 (2012), calcula-se a tensão média de ruptura por tração das placas correspondentes a cada série assentada, desconsiderando os resultados obtidos com rupturas dos tipos S, P e F descritas na Figura 6.

O tardo de cada placa cerâmica deve ser analisado para a descrição do tipo de ruptura e sua porcentagem aproximada, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5- Tipos de Ruptura



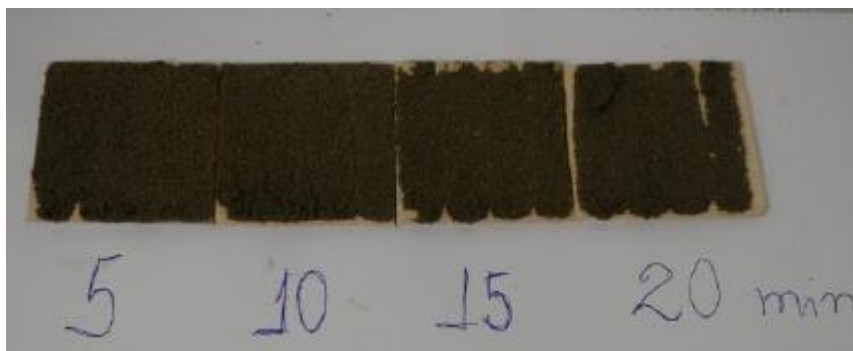
Fonte: ABNT NBR 14081-4(2012)

3.5.2.1. Avaliação do tempo em aberto (Quick open time)

Este método consiste na averiguação do tempo em aberto das argamassas colantes no estado fresco através da retenção de água, medindo-se a adesão inicial apresentada pela argamassa. Este ensaio é rotineiro na fábrica por ser de rápida execução, com tempo mínimo de 40 minutos, permitindo uma análise rápida da qualidade da argamassa com relação ao tempo aberto e aderência da mesma. A adesão inicial das argamassas colantes é a capacidade que o material apresenta para ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, e é bastante afetado quando há um elevado teor de finos na areia utilizada na fabricação da argamassa.

Para a execução deste ensaio deve-se seguir os mesmos procedimentos utilizados no teste de tempo em aberto comum, porém ao adicionar a última peça com 20 minutos, espera-se completar 25 minutos para então fazer a retirada das placas. Cada placa cerâmica deve ser analisada para averiguação da aderência da argamassa fresca a peça, que deverá ter no mínimo 50% tanto para a de 15 minutos quanto para a de 20 minutos, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6- Teste de Quick Open Time.



Fonte: Autoria própria (2017)

3.5.3. Teste de arrancamento por tração manual

O teste de arrancamento, como pode ser visto na Figura 7, consiste em retirar placas cerâmicas que estão fixas no substrato. Estas placas são arrancadas através da célula de carga, a qual fornece a tensão de ruptura para cada corpo de prova.

Cada ensaio é composto por cinco corpos de prova, obtidos da mesma amostra de argamassa. Os valores obtidos pela leitura da célula de carga são medidos em

grandeza de força, em kgf. Desta maneira, o cálculo da tensão de ruptura de cada placa cerâmica é dado pela Equação (2).

$$f_t = \frac{T}{A} * 0,0980665 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

f_t - tensão de ruptura (MPa);

T - força de ruptura (kgf);

A - área das placas cerâmicas (cm²).

Figura 7- Teste de Arrancamento



Fonte: Autoria própria (2017)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item serão apresentados e discutidos os resultados referentes aos ensaios de determinação da resistência de aderência à tração e do tempo em aberto.

4.1.DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Foi realizado o ensaio de determinação da resistência de aderência à tração para as argamassas colantes do tipo ACI, ACII, ACIII e ACIII-E. Para ACI, foi feito apenas a cura normal. Para as demais foram realizados os três tipos de cura (cura normal, cura em estufa e cura submersa). Os resultados deste ensaio são analisados através das tensões de ruptura observados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Para a argamassa colante AC I, de acordo com a Tabela 2, verifica-se que a mesma apresenta tensão de ruptura média de 0,50Mpa, sendo o valor exigido pela norma NBR 14081-1, de 0,5 MPa. Este tipo de argamassa exige apenas um tipo de cura, por sua aplicação se restringir à revestimentos internos, não suportando ações externas.

Tabela 2- Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC I.

Argamassa colante ACI						
CURA NORMAL						
Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	81,99	25	3,2796	0,32	0,0980665
28	2	127,33	25	5,0932	0,50	
28	3	97,93	25	3,9172	0,38	
28	4	122,13	25	4,8852	0,48	
28	5	169,43	25	6,7772	0,66	
28	6	120,1	25	4,804	0,47	
28	7	118,93	25	4,7572	0,47	
28	8	158,46	25	6,3384	0,62	
28	9	160,72	25	6,4288	0,63	
MÉDIA					0,50	

*CP = Corpo de Prova.

Idade de cura (dias)	C.P	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	111,07	25	4,4428	0,44	0,09806650
28	2	119,04	25	4,7616	0,47	
28	3	127,53	25	5,1012	0,50	
28	4	128,19	25	5,1276	0,50	
28	5	119,67	25	4,7868	0,47	
28	6	131,54	25	5,2616	0,52	
28	7	149,56	25	5,9824	0,59	
28	8	154,33	25	6,1732	0,61	
	MÉDIA				0,51	

Para a argamassa colante AC III, de acordo com a Tabela 4, verifica-se que os resultados de tensão de ruptura média foram respectivamente para a cura normal (1,20 MPa); cura imersão em água (1,24 MPa) e cura em estufa (1,19 MPa) . Para os resultados a NBR 14081-4 trata como conclusivo ensaios com mais de 5 resultados cujas médias são iguais e superiores a 0,30 MPa e não se distanciarem mais do que 20% da média. A argamassa apresentou resultados satisfatórios, superiores a 1MPa nos ensaios de resistência de aderência à tração nas condições de cura mencionadas.

Tabela 4- Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC III.

Argamassa colante ACIII						
CURA NORMAL						
Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	310,22	25	12,4088	1,22	0,09806605
28	2	308,16	25	12,3264	1,21	
28	3	307,42	25	12,2968	1,20	
28	4	311,87	25	12,4748	1,22	
28	5	302,03	25	12,0812	1,18	
28	6	304,29	25	12,1716	1,19	
MÉDIA					1,20	
CURA SUBMERSA						

Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	320,01	25	12,8004	1,25	0,0980665
28	2	315,92	25	12,6368	1,24	
28	3	312,51	25	12,5004	1,22	
28	4	320,40	25	12,816	1,26	
28	5	326,33	25	13,0532	1,28	
28	6	300,86	25	12,0344	1,18	
MÉDIA					1,24	
CURA EM ESTUFA						
Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	301,17	25	12,0468	1,18	0,0980665
28	2	306,30	25	12,252	1,20	
28	3	307,22	25	12,2888	1,20	
28	4	304,18	25	12,1672	1,19	
28	5	302,69	25	12,1076	1,19	
28	6	306,43	25	12,2572	1,20	
MÉDIA					1,19	

A argamassa colante AC III E branca, de acordo com a Tabela 5, apresentou resultados de tensão de ruptura média para a cura normal (1,03 MPa), cura imersão em água (1,05 MPa) e cura em estufa (1,02 MPa) . A NBR 14081-4 trata como conclusivo ensaios com mais de 5 resultados cujas médias são iguais e superiores a 0,30 MPa e não se distanciarem mais do que 20% da média. A argamassa apresentou médias superiores a 1MPa nos ensaios de resistência de aderência à tração nas condições de cura citadas, sendo assim os resultados satisfatórios.

Tabela 5 – Determinação da resistência de aderência à tração para a argamassa colante AC III- E Branca.

Argamassa colante ACIII E BRANCA						
CURA NORMAL						
Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	253,44	25	10,1376	0,99	0,0980665
28	2	259,48	25	10,3792	1,02	
28	3	267,93	25	10,7172	1,05	
28	4	272,82	25	10,9128	1,07	
28	5	277,62	25	11,1048	1,09	
28	6	271,92	25	10,8768	1,07	
MÉDIA					1,05	
CURA SUBMERSA						
Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	261,29	25	10,4516	1,02	0,0980665
28	2	253,14	25	10,1253	0,99	
28	3	264,48	25	10,5792	1,04	
28	4	255,99	25	10,2396	1,00	
28	5	268,82	25	10,7528	1,05	
28	6	272,04	25	10,8816	1,07	
MÉDIA					1,03	
CURA EM ESTUFA						
Idade de cura (dias)	CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de Conversão para Mpa
28	1	255,63	25	10,2252	1,00	0,0980665
28	2	251,05	25	10,042	0,99	
28	3	254,49	25	10,1796	1,00	
28	4	269,99	25	10,7996	1,06	
28	5	265,21	25	10,6084	1,04	
28	6	270,02	25	10,8008	1,06	
MÉDIA					1,02	

4.2.TEMPO EM ABERTO

Realizou-se o ensaio de determinação do tempo em aberto para as argamassas colantes ACI, ACII e ACIII e ACIII-E branca. Verifica-se os resultados destes ensaios através das tensões de ruptura nas tabelas 6,7, 8 e 9 respectivamente.

Conforme a NBR 14081-3 (2012), para os valores de resistência acima ou iguais a 0,5 MPa, a argamassa colante industrializada utilizada no ensaio apresenta tempo em aberto igual ou superior ao tempo que o ensaio foi realizado.

A argamassa colante AC I, de acordo com a Tabela 6, apresentou a média equivalente a 0,57MPa. Assim se conclui que a argamassa apresenta tempo em aberto igual ou superior ao tempo da execução do ensaio, o qual foi de 15 minutos.

Tabela 6- Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC I

TEMPO EM ABERTO						
CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de conversão para Mpa	Tipo de Ruptura
1	150,06	25	6,00	0,59	0,0980665	(S/A)
2	154,32	25	6,17	0,61		(S/A)
3	149,88	25	6,00	0,59		(S/A)
4	141,03	25	5,64	0,55		(A/P)
5	142,05	25	5,68	0,56		(A)
6	147,65	25	5,91	0,58		(A)
7	143,25	25	5,73	0,56		(A)
8	152,27	25	6,09	0,60		(S/A)
9	130,04	25	5,20	0,51		(S/A)
MÉDIA				0,57		

Através da tabela 7, observa-se que a argamassa colante AC II, apresentou resistência de 0,51MPa, um resultado dentro do recomendado pela norma (superior a 0,5 Mpa), logo, o seu tempo em aberto foi superior ao adotado na execução do ensaio, correspondente a 20 minutos.

Tabela 7- Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC II

TEMPO EM ABERTO						
CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de conversão para Mpa	Tipo de Ruptura
1	151,00	25	6,04	0,59	0,0980665	(S/A)
2	100,09	25	4,0036	0,39		(S/A)
3	97,93	25	3,9172	0,38		(S/A)
4	126,89	25	5,0756	0,50		(S/A)
5	113,12	25	4,5248	0,44		(S/A)
6	135,96	25	5,4384	0,53		(S/A)
7	159,56	25	6,3824	0,63		(S/A)
8	151,57	25	6,0628	0,59		(S/A)
MÉDIA				0,51		

A argamassa colante AC III, de acordo com a Tabela 8, apresentou um resultado de (1,34 Mpa). Isto indica que a argamassa apresentou tempo em aberto superior ao especificado na norma NBR 14081-1, o qual especifica um tempo de 20 minutos.

Tabela 8- Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC III

TEMPO EM ABERTO						
CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de conversão para Mpa	Tipo de Ruptura
1	310,96	25	12,4384	1,22	0,0980665	(S/A)
2	361,26	25	14,45054	1,42		(S/A)
3	325,98	25	13,0392	1,28		(S/A)
4	352,17	25	14,0848	1,38		(S/A)
5	348,92	25	13,9568	1,37		(S/A)
6	349,12	25	13,9648	1,37		(S/A)
MÉDIA				1,34		

Para a argamassa colante AC III E branca, de acordo com a Tabela 9, o resultado obtido foi de (1,00 Mpa). Estes resultados indicam que a argamassa apresentou tempo em aberto satisfatório.

Tabela 9- Determinação do tempo em aberto para a argamassa colante AC III-E

TEMPO EM ABERTO						
CP	Força (Kgf)	Área (cm ²)	R (Kgf/cm ²)	R (Mpa)	Fator de conversão para Mpa	Tipo de Ruptura
1	255,93	25	10,2372	1,00	0,0980665	(S/A)
2	256,32	25	10,2528	1,01		(S/A)
3	253,18	25	10,1272	0,99		(S/A)
4	255,43	25	10,2172	1,00		(S/A)
5	252,28	25	10,0912	0,99		(S/A)
6	251,88	25	10,0752	0,99		(S/A)
MÉDIA				1,00		

5. CONCLUSÃO

Este trabalho acompanhou o processo de fabricação das argamassas colantes produzidas pela BQMIL nos meses de março e abril, desde a análise granulométrica da areia *in natura* até o ensacamento do produto. Avaliou a qualidade das argamassas colantes industrializadas para assentamento de placas cerâmicas de acordo com o que preconiza as normas.

Para o ensaio de determinação da resistência de aderência à tração conclui-se que os resultados foram satisfatórios, visto que todas as argamassas colantes apresentaram valores de tensão de ruptura média acima do exigido pela norma NBR 14081-1.

De acordo com os resultados obtidos pode concluir que para o ensaio de determinação do tempo em aberto as argamassas produzidas pela BQMIL atendem aos requisitos estabelecidos pela NBR 14081-1. Os resultados de tensão de ruptura média das argamassas foram superiores a 0,5MPa, portanto, apresentaram os tempos em aberto superiores aos tempos em que os ensaios foram realizados.

6. REFERÊNCIAS

ABNT (1995) NBR 13529 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: terminologia.

ABNT (2012) NBR 14081-1 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos.

ABNT (2012) NBR 14081-2 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaio.

ABNT (2012) NBR 14081-3 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do tempo em aberto.

ABNT (2012) NBR 14081-4 - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração.

ABNT (2012) NBR 14081-5 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do deslizamento.

AMBROZEWICZ, P.H.L. **Materiais de Construção. São Paulo:** Editora Pini. 2012.

FIORITO, A.J.S.I. **Manual de Argamassas e Revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** São Paulo: PINI, 1994, 221p.

MAS, E. **O Tempo Aberto das Argamassas Colantes**. Goiânia, GO. 1995. p. 203-216. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1º, Goiânia, 1995. Artigo técnico.

MEDEIROS, J. S; SABBATINI, F. H; **Tecnologia e Projeto de Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios**. São Paulo. 1999. p.9-15. Boletim Técnico Escola Politécnica USP.

OLIVEIRA, J.D. **Estudo das propriedades de argamassas colantes submetidas a saturação e secagem**. Florianópolis, 2004. 165p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

PÓVOAS, Y. V; JOHN, V. M.;CINCOTTO, M. A., **Influência da Perda de Água por Evaporação na Resistência de Aderência entre Argamassa Colante e Placa Cerâmica**. Porto Alegre. RS. 2002. p. 7-18. In: Ambiente Construído, 2º, Porto Alegre, 2002.

PÓVOAS, Y. V., JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Normalização de Argamassas Colantes**. Salvador, BA. 1997. p. 501-512. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2º, Salvador, 1997. Artigo técnico.

PÓVOAS, Y. V; JOHN, V. M, **Tempo em Aberto da Argamassa Colante: Influência dos Aditivos HEC e PVAc**. Boletim Técnico Escola Politécnica USP.São Paulo. 1999.

REGATTIERI, C. E.; SILVA, L. L. R. **Ganhos potenciais na utilização de argamassa industrializada**.Sd. 15f. Disponível em: <<http://www.abai.org.br/images/ganhos%20potenciais.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2013.

SILVA, A.S.R. **Argamassas, conceito, tipo e funções**. Salvador, 2008. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/24767831/Argamassa-Conceito-Funcao-e-Tipos>>. Acesso em: 26 de abril de 2017.

SILVA, C.O. **Análise crítica dos requisitos e critérios de qualidade da argamassa colante.** São Paulo, 2003. 186p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.