



**ESTUDO COMPARATIVO DOS PARÂMETROS FÍSICOS ENTRE
ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS PARA
ASSENTAMENTO DE PEDRAS DE GRANITO**

CURITIBA
2017



EDUARDO WIEZBICKI
JOÃO BATISTA PEREIRA DE BARROS FILHO
RONALD MESSANY JUNIOR

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PARÂMETROS FÍSICOS ENTRE
ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS PARA
ASSENTAMENTO DE PEDRAS DE GRANITO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, Pós-Graduação lato sensu, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gerenciamento e Execução de Obras.

Orientador: Prof. Msc. Maurício Bianchini

CURITIBA
2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO DOS PARÂMETROS FÍSICOS ENTRE ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS PARA ASSENTAMENTO DE PEDRAS DE GRANITO

Por

EDUARDO WIEZBICKI

JOÃO BATISTA PEREIRA DE BARROS FILHO

RONALD MESSANY JUNIOR

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de ____ de ____.

Maurício Bianchini

Kirke Andrew Wrubel Moreia

Julio Eduardo Martins

RESUMO

A representatividade econômica das rochas brasileiras, bem como a sua vasta utilização na construção civil nacional, contradiz com o pouco que se encontra na literatura técnica sobre as especificidades desse insumo. Incluído nesse tema, esta pesquisa apresenta um programa experimental que tem como objetivo determinar, dentre três tipos de argamassas, qual argamassa possui melhor custo benefício para o assentamento do granito. Baseado na NBR 14081:2012 que trata de placas cerâmicas, os procedimentos metodológicos adotados foram às execuções dos substratos-padrão e dos ensaios de tempo em aberto, resistência à tração e deslizamento. Além dos requisitos técnicos, também fez parte da metodologia o levantamento dos custos das argamassas. Demonstra que o desempenho das argamassas ACII, ACIII e ACIII Mármore e Granito é satisfatório em relação aos ensaios de tempo em aberto e resistência à tração. No entanto, o ensaio de deslizamento possibilita concluir que apenas as argamassas ACIII e ACIII Mármore e Granito possuem índices normativos. Ao correlacionar o desempenho das argamassas ensaiadas com os preços praticados de cada argamassa, conclui-se que a argamassa que apresenta o melhor custo benefício e maior versatilidade de uso é a ACIII. Entretanto, em usos horizontais, onde a característica de deslizamento não é restritiva, pode-se optar pela utilização da argamassa ACII, devido aos resultados obtidos nos ensaios de tempo em aberto e resistência à tração.

Palavras chave: Argamassa, rocha, granito, assentamento, ensaio, índice, resistência, aderência, tração, deslizamento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Granito Arabesco	28
Figura 2: Mina de Branco Itaúnas, na Bahia	29
Figura 3: Granito Branco Itaúnas.	30
Figura 4: Granito Amarelo Ornamental.....	30
Figura 5: Representação do assentamento	31
Figura 6: Aderência ao substrato	32
Figura 7: Exemplo de disposição das placas de granito	38
Figura 8: Sentido da imprimação do substrato-padrão	41
Figura 9: Ensaio de deslizamento.	41
Figura 10: Ensaio de deslizamento ACII.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Composição quantitativa das amostras para os ensaios ...	23
Quadro 2: Requisitos fundamentais para argamassas colantes.	37
Quadro 3: Requisitos opcionais para argamassas colantes.	37
Quadro 4: Força de ruptura ACII tempo em aberto.	43
Quadro 5: Tensão ACII tempo em aberto.	44
Quadro 6: Limites e tensão média ACII tempo em aberto.....	44
Quadro 7: Forças ACIII tempo em aberto.....	45
Quadro 8: Tensões ACIII tempo em aberto.	46
Quadro 9: Forças ACIII Mármore e Granito tempo em aberto.....	47
Quadro 10: Tensões ACIII Mármore e Granito tempo em aberto.	47
Quadro 11: Forças ACII resistência à tração.....	49
Quadro 12: Tensões ACII para resistência à tração.	49
Quadro 13: Limites e tensão média ACII para resistência à tração.	50
Quadro 14: Forças ACII resistência à tração.....	51
Quadro 15: Tensões ACIII para resistência à tração.....	51
Quadro 16: Forças ACIII Mármore e Granito resistência à tração.....	52
Quadro 17: Tensões ACIII Mármore e Granito.	53
Quadro 18: Leituras para deslizamento ACIII.	55
Quadro 19: Deslocamentos ACIII.	55
Quadro 20: Leituras ACIII Mármore e Granito.	56
Quadro 21: Deslocamentos ACIII Mármore e Granito.....	56
Quadro 22: Comparação dos requisitos e resultados obtidos.....	58
Quadro 23: Preços dos sacos de argamassa 20 Kg.....	60
Quadro 24: Preços médios dos sacos de argamassa 20 Kg.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usos de rochas ornamentais pelo mercado brasileiro 26

Tabela 2 - Limites das rochas ornamentais 27

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1:** Tensões de rupturas e média final de tempo em aberto. ..48
- Gráfico 2:** Tensões de rupturas e média de resistência à tração. 53
- Gráfico 3:** Deslocamento médio das amostras de deslizamento.....57

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	9
RESUMO.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	19
3. OBJETIVOS.....	19
3.1. OBJETIVO GERAL	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4. HIPÓTESE	20
5. JUSTIFICATIVAS	20
5.1. TECNOLÓGICAS	20
5.2. ECONÔMICAS	20
5.3. SOCIAIS	21
5.4. ECOLÓGICAS	22
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
7.1. ARGAMASSA.....	24
7.2. PEDRAS NATURAIS	25
7.2.1. Granito Arabesco	28
7.2.2. Granito Branco Itaúnas	29
7.2.3. Granito Amarelo ornamental	30
7.2.4. Interface Argamassa-Placa e Aderência	31
7.2.5. Manifestações Patológicas.....	33
7.3. PARÂMETROS FÍSICOS DA ARGAMASSA.....	36
7.3.1. Substrato padrão	37

7.3.2.	Ensaio de tempo em aberto	38
7.3.3.	Ensaio de resistência de aderência à tração	39
7.3.4.	Ensaio de deslizamento	40
8.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
8.1.	DETERMINAÇÃO DO TEMPO EM ABERTO	43
8.1.1.	Argamassa ACII	43
8.1.2.	Argamassa ACIII	45
8.1.3.	Argamassa ACIII Mármore e Granitos	46
8.2.	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	48
8.2.1.	Argamassa ACII	48
8.2.2.	Argamassa ACIII	50
8.2.3.	Argamassa ACIII Mármore e Granitos	52
8.3.	DETERMINAÇÃO DO DESLIZAMENTO	54
8.3.1.	Argamassa ACII	54
8.3.2.	Argamassa ACIII	55
8.3.3.	Argamassa ACIII Mármore e Granitos	56
8.4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	57
8.5.	PESQUISA DE MERCADO	58
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento, lustro, utilizados para exercer uma função estética (ASSIS, 2012).

O termo rochas de revestimento é definido como um componente de construção, com formas geométricas regulares, que se destinem ao embelezamento e proteção das edificações, além de propiciar funcionalidade (GRILLO, 2010).

O Brasil produz, aproximadamente, mais de 1.200 tipos de rochas comercializadas no mercado interno e externo, derivadas de cerca de 1.800 jazidas em atividade. Os principais tipos são: granitos, mármore, quartzitos, ardósias (CHIODI FILHO, 2008).

Cerca de 70% da produção mundial das rochas ornamentais são utilizadas na construção civil no acabamento de superfícies, especialmente como revestimentos de pisos, paredes e fachadas. Do restante, aproximadamente 17% é aplicada em arte funerária, 9,5% em decoração e 3,5% em outras aplicações (GRILLO, 2010).

Na comercialização das rochas, o termo mármore refere-se a todas as rochas carbonatadas, enquanto que o termo granito, de forma genérica, engloba as rochas silicatadas (granitos, sienitos, charnoquitos, gabros, basaltos, arenitos, etc.). É uma classificação errônea sobre o ponto de vista petrológico, porém, usual quando se trata de rochas ornamentais e de revestimento (NOGAMI et al., 2009).

Os granitos são bem aceitos no mercado mundial, principalmente os brasileiros, devido à grande variedade cromática e textural, além da resistência mecânica e durabilidade que fazem com que sua utilização seja frequente. O fator

estético é muitas vezes decisivo na escolha e é o resultado da harmonia entre as cores, tamanho, forma e arranjo entre os minerais (NOGAMI et al., 2009).

Apesar da pujança econômica do setor no Brasil, que movimenta em torno de US\$ 616 milhões/ano (ABIROCHAS, 2015), surpreendentemente, na literatura científica nacional e internacional poucos são os trabalhos que dão o devido destaque às propriedades intrínsecas das rochas, as relações com os processos de beneficiamento, fixação e seu emprego em revestimento de edificações. Falta muita técnica a ser aprimorada, pois os procedimentos realizados geralmente são baseados no empirismo, na qual as relações das argamassas com o conteúdo químico-mineralógico das rochas não são bem conhecidas, podendo ocorrer, após o assentamento, patologias, quebras e deslocamento de peças (NOGAMI et al., 2009).

Com relação ao assentamento de granitos os Estados Unidos e a Alemanha inovaram com a técnica de *inserts* metálicos, que fixam a rocha na estrutura da edificação através de perfis. Porém, essa técnica não é muito utilizada, devido à necessidade do conhecimento comportamental da estrutura da rocha, mão de obra especializada e elevado custo. Assim, na maioria dos casos, o assentamento de granitos nas edificações é feito com argamassas (GRILLO, 2010).

O assentamento de materiais cerâmicos é regido por normas e especificações, no entanto, o assentamento de rochas não possui normas técnicas para execução ou controle tecnológico. Consequentemente, muitas vezes são utilizadas as mesmas normas de assentamento de produtos cerâmicos (GRILLO, 2010).

O presente trabalho trata de fixação das placas de granito utilizando argamassas colantes, industrializadas e comercializadas na forma de pó, cujas composições variam conforme o fabricante e a finalidade a qual se destinam. Através dos ensaios de tempo em aberto, resistência de aderência à tração e deslocamento, propõe-se o objetivo de comparar os desempenhos físicos das argamassas dos tipos ACII, ACIII comum e ACIII Mármore e Granitos.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Argamassas colantes industrializadas do tipo ACII ou ACIII apresentam condições de desempenho para ser utilizadas no assentamento de placas de granito, ou justifica-se a utilização de argamassa ACIII específica a cada utilização.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Determinar, dentre as argamassas ACII, ACIII, e ACIII Mármore e Granitos, a argamassa colante industrializada de melhor custo benefício para o assentamento de granito.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Executar o substrato padrão;
- b) Realizar o ensaio de tempo em aberto;
- c) Realizar o ensaio de resistência de aderência à tração;
- d) Realizar o ensaio de deslocamento;
- e) Tabular os resultados obtidos através dos três ensaios;
- f) Comparar os resultados dos ensaios frente aos requisitos apresentados na NBR 14081-1:2012;
- g) Cotar o valor de mercado das argamassas definidas;
- h) Obter o melhor custo benefício das argamassas em estudo.

4. HIPÓTESE

As argamassas do tipo ACII e ACIII comum atendem os requisitos normativos para o assentamento de granitos, excluindo a necessidade de um gasto maior na compra da argamassa ACIII Mármore e Granitos.

5. JUSTIFICATIVAS

5.1. TECNOLÓGICAS

Até pouco tempo, a utilização de pedras naturais e rochas de revestimento eram restritas às construções de alto padrão, atualmente seu emprego é mais difundido, registrando aumento no consumo residencial em pisos, revestimentos e bancadas, não só pelas qualidades e efeito estético, mas também pelo custo acessível (NOGAMI et al., 2009).

O crescimento do mercado de pedras naturais, bem como a carência de normas técnicas que regem o tema e a escassez de inovações tecnológicas, eleva o consumo de argamassas, necessitando estudos mais detalhados sobre suas composições e verificação dos parâmetros físicos para atender critérios mínimos de segurança e desempenho.

5.2. ECONÔMICAS

Apesar da escassez tecnológica referente às soluções de assentamentos de placas de rochas, observam-se diversas opções de argamassas colantes industrializadas. Comumente, as argamassas são vendidas sobre diferentes

classificações: local de aplicação, interna, externa, piscinas; tipo de revestimento, pastilhas, cerâmicas, porcelanatos, pedras naturais.

Sobre o aspecto econômico, através de uma rápida pesquisa de mercado em Curitiba, o preço médio do saco de 20kg da argamassa indicada para o assentamento de pedras naturais é R\$ 68,96, ou seja, cerca de 350% (R\$ 19,60) e 175% (R\$ 39,43) maior quando comparado às argamassas de uso externo, ACII e ACIII, respectivamente. Tal fato destaca a importância da escolha correta da argamassa colante em relação aos requisitos mínimos de desempenho, a fim de obter o melhor custo-benefício.

Por fim, a Lei de Sitter demonstra que os custos de projeto crescem segundo uma projeção geométrica de razão 5. Ou seja, caso seja necessária à manutenção corretiva de uma patologia no assentamento do granito, esta será 125 vezes mais cara do que a escolha do material correto na fase de planejamento (IANTAS, 2010).

5.3. SOCIAIS

A utilização de pedras naturais seja em pisos ou revestimentos de paredes e fachadas, podem apresentar diversos tipos de patologias, desde manchas, que interferem apenas na estética, até mesmo fissuras, destacamentos e infiltrações, quando assentadas de maneira incorreta (NOGAMI, 2007).

De acordo com Maranhão e Barros (2006), algumas dessas manifestações patológicas podem causar acidentes, como no caso do ocorrido em 2002, no qual um edifício localizado no Rio de Janeiro constatou o destacamento de placas da fachada, provocando ferimentos em cidadãos e prejuízos financeiros.

As principais causas dos efeitos patológicos são derivadas da má fixação das placas, rejuntamento, deterioração de materiais impermeabilizantes e alterações da própria rocha (NOGAMI, 2007).

5.4. ECOLÓGICAS

Na construção civil, quando se fala em preservação ambiental e produção mais limpa, o primeiro pensamento em busca de uma visão mais sustentável deve ser na direção de evitar a existência de resíduos ou então minimizar sua geração (ÂNGULO et al., 2001).

Nesse sentido, as corretas especificações das argamassas de assentamento, seja por sua relação à sua composição química ou quanto aos parâmetros físicos, implicam diretamente no desempenho do sistema e na diminuição da necessidade de manutenção, retrabalhos e desperdícios, contribuindo, assim, para a redução do impacto ambiental.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método científico utilizado na pesquisa foi do tipo programa experimental com a abordagem quantitativa.

Na intenção de responder os problemas de pesquisa, foram executados, em ambiente controlado, os ensaios de determinação de tempo em aberto, determinação da resistência de aderência à tração, sob cura normal, e determinação do deslizamento, seguindo os parâmetros estabelecidos nas normas: NBR 14081-3:2012, NBR 14081-4:2012, NBR 14081-5:2012, respectivamente.

Como alicerce a execução dos ensaios citados acima, foram produzidos substratos padrão de acordo com a NBR 14081-2:2015. A amostragem foi composta por corpos de prova de granitos dos tipos Arabesco, Branco Itaúnas e Amarelo Ornamental, assentados utilizando os três diferentes tipos de argamassas, conforme apresentado no Quadro 1.

ARGAMASSA	ENSAIO	SUBSTRATO PADRÃO (50x25cm)	PLACAS DE GRANITO	
			¹ D=5cm	10x10cm
ACII	TEMPO EM ABERTO	1	10	-
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1	10	-
	DESLIZAMENTO	1	-	3
	SUBTOTAL	3	20	3
ACIII	TEMPO EM ABERTO	1	10	-
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1	10	-
	DESLIZAMENTO	1	-	3
	SUBTOTAL	3	20	3
ACIII Mármore e Granitos	TEMPO EM ABERTO	1	10	-
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1	10	-
	DESLIZAMENTO	1	-	3
	SUBTOTAL	3	20	3
TOTAL		9	60	9

¹ “D” refere-se à Diâmetro

Quadro 1: Composição quantitativa das amostras para os ensaios

Fonte: Autoria Própria

Por fim, a análise dos dados foi feita de forma estatística e numérica comparando os desempenhos obtidos dos três tipos de argamassas frente aos requisitos estabelecidos na NBR 14081-1:2012.

7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

7.1. ARGAMASSA

Entende-se por argamassa colante industrializada, o composto industrial, no estado seco, que contém cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados em água, forma uma massa plástica, aderente, usualmente empregada no assentamento de placas cerâmicas e pétreas (ABNT, 2012). Essas argamassas são comercializadas na forma de pó e a normatização não prescreve a quantidade de água a ser adicionada, sendo a mesma determinada pelos próprios fabricantes.

Anterior ao surgimento das argamassas colantes no mercado, o assentamento de placas cerâmicas e pétreas era feito com argamassas convencionais, sem qualquer utilização de aditivos, em uma camada de aproximadamente 20 mm de espessura, o que gerava grandes perdas de água por sucção e evaporação (FIORITO, 1994).

A partir do surgimento de novos produtos no mercado e popularização das pedras de revestimento, fez-se necessário o desenvolvimento de argamassas modificadas por polímeros, para o assentamento das placas (ALMEIDA et al., 1995).

Na década de 80, alavancou-se no Brasil, a produção de argamassa colante, surgindo à necessidade de uma normatização específica (SILVA, 2003).

As argamassas colantes, conforme a norma vigente NBR 14081-1:2012, podem ser classificadas, conforme indicação para seu emprego, em ACI, ACII, ACIII e argamassas do tipo E (ABNT, 2012).

A argamassa do tipo ACI é recomendada para a utilização em ambientes internos, para aplicação e exposição em locais sem ação de intempéries, nem solicitações de aderência de alto desempenho ou temperaturas maiores de 70°C, como churrasqueiras, saunas e estufas, aplicadas em peças de revestimento com absorção de água superior a 0,5% (KUDO et al., 2013).

O tipo ACII, descreve argamassas com características de adesividade que permitem absorver esforços existentes em pisos e paredes internas e externas sujeitos a ciclos de variação termoigrométrica e ação do vento (ABNT, 2012).

As argamassas ACIII apresentam desempenho superior quando comparadas aos tipos ACI e ACII, geralmente, são indicadas para ambientes externos, fachadas, locais expostos a intempéries e com altas temperaturas. São utilizadas também, para aderir peças com baixa absorção de água, inferior à 0,5% (KUDO et al., 2013).

O tipo E, indica argamassas ACI, ACII e ACIII, com característica de tempo em aberto estendido (ABNT, 2012).

As argamassas colantes industrializadas devem atender aos requisitos mínimos de desempenho, de acordo com a NBR 14081-1:2012, conforme será apresentado no item 7.3.

7.2. PEDRAS NATURAIS

No ano de 2006, o Brasil se tornou o 4º maior produtor e exportador mundial de rochas em volume físico e 2º maior exportador de granitos brutos. No país, são registradas atividades de extração em cerca de 400 municípios, com a existência de 1.800 frentes ativas de lavra e a produção de 1.200 variedades comerciais de rochas (CHIODI, 2007).

A evolução desse patamar deve-se, principalmente, ao avanço tecnológico dos setores de extração e beneficiamento, além dos progressos e popularização da aplicação na construção civil, permitindo soluções seguras, estáticas e funcionais (NOGAMI, 2007).

Para Nogami (2007), a atuação no setor produtivo tem possibilitado ao país participar de forma significativa do mercado mundial, prática favorecida pela diversidade e aceitação das pedras brasileiras, especialmente os granitos. A produção mundial evoluiu de 1,8 milhões de toneladas/ano, na década de 1920, para 92,8 milhões de toneladas/ano nos anos 2000. De acordo com Chiodi (2007), estima-se que o setor tem movimentado cerca de US\$ 100 bilhões/ano.

Os principais estados brasileiros produtores de rochas ornamentais são, em ordem de produção, Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Ceará, Rio de Janeiro e Paraná. Avalia-se que existam cerca de 11.500 empresas do setor atuantes no país, gerando 120.000 empregos diretos (CHIODI FILHO et al., 2004).

Cerca de 75% da produção brasileira é destinada ao mercado interno, sendo a construção civil responsável por absorver grande parte dessa produção (MELLO et. al., 2004). A Tabela 1 exhibe o perfil do consumo de pedras ornamentais no Brasil.

Tabela 1 - Estimativas de usos de rochas ornamentais pelo mercado brasileiro

Usos (Milhões m ²)	Granito s	Mármore s	Mármore s Importad os	Ardósia s	Quartzito s	Outros	Total	Percentual de participação
Pisos internos	5,78	2,34	0,12	3,00	1,25	0,87	13,36	23,0
Pisos externos	3,85	1,55	0,08	9,00	3,75	2,30	20,56	35,3
Fachadas	2,60	1,04	0,05	0,40	0,15	0,15	4,39	7,5
Degraus	0,74	0,30	0,02	0,40	0,15	0,12	1,73	3,0
Paredes internas	2,60	1,05	0,05	0,40	0,15	0,18	4,46	7,6
Tampos	5,19	2,10	0,10	0,40	0,15	0,21	8,15	14,0
Obras estruturais	1,25	0,50	0,03	-	-	0,03	1,81	3,1
Arte funerária	1,80	0,72	0,04	-	-	0,04	2,60	4,5
Outros	0,49	0,20	0,01	0,10	0,20	0,21	1,21	2,1
Total	24,30	9,80	0,50	13,7	5,80	4,11	58,21	100,0

Fonte: SOSSAI, 2006.

De acordo com os dados históricos é possível concluir que, do ponto de vista mercadológico, as rochas brasileiras seguem um caminho promissor, tanto no mercado nacional como no internacional. Entretanto, outro aspecto fundamental para o sucesso alcançado é a caracterização físico-mecânica dos materiais comercializados. Este aspecto vem se tornando cada vez mais importante à medida que o mercado consumidor se torna mais exigente, pois uma correta especificação de qualquer material na construção civil só pode ser

alcançada com os conhecimentos prévios do comportamento do material mediante as adversidades onde ele será utilizado (SOSSAI, 2006).

A descrição petrográfica de uma rocha ornamental é importante para estabelecer a sua classificação e destacar uma série de características, tais como, porosidade, descontinuidades, fissuras, estado de alteração, etc. A textura da rocha, especificamente as proporções dos diferentes minerais constituintes, assim como a sua natureza, origem, dimensões médias dos grãos e características dos materiais cimentantes, são importantes para prever o comportamento das rochas mediante determinadas agressões físicas, químicas e sujeição à intempéries. O conhecimento da composição química de uma rocha objetiva essencialmente destacar a presença de alguns compostos que possam afetar a durabilidade da rocha em um determinado meio (SOSSAI, 2006).

Na Tabela 2 apresentam-se os valores limites estabelecidos para as principais características das rochas ornamentais, resultado de um estudo estatístico conduzidos por FRAZÃO & FARJALLAT (1995, 1996) e os fixados pela norma ASTM C 615.

Tabela 2 - Limites estabelecidos e sugeridos das rochas ornamentais

Propriedades	Valores fixados pela ASTM (C 615)	Valores sugeridos no estudo (FRAZÃO & FARJALLAT, 1995, 1996)
Massa específica aparente (kg/m³)	> 2.560	> 2.550
Porosidade aparente (%)	n.e.	< 1,0
Absorção d'água (%)	< 0,4	< 0,4
Compressão uniaxial (MPa)	> 131	> 100
Flexão (MPa)	> 10,4	> 10
Módulo de deformabilidade (GPa)	n.e.	> 30
Impacto de corpo duro (m)	n.e.	> 0,4

Fonte: SOSSAI, 2006.

O preço do produto, suas alternativas de uso e a valorização do material mediante as exigências do mercado podem ser afetados por fatores técnicos relacionados ao conhecimento das características químico-mineralógicas das rochas utilizadas como revestimento e suas propriedades físico-mecânicas O

valor comercial da rocha é consequência direta de suas características técnicas, e estéticas. A utilização mais adequada para uma dada rocha deve ser aquela que apresente o valor técnico, estético e comercial mais elevado (MOURA, et. al., 2000).

7.2.1. Granito Arabesco

Na região norte do estado do Espírito Santo, entre as localidades de Nova Venécia, Ecoporanga e Barra do São Francisco, são explorados vários tipos de gnaisses granatíferos, destacando-se o Arabesco, comercializado popularmente por Granito Branco Arabesco, Figura 1 (FRASCÁ, 2003).



Figura 1: Granito Arabesco

Fonte: DIAS et al., 2013

O arabesco possui em sua composição mineralógica 33% de Microclina micropertítico, 27% Quartzo, 20% Plagioclásio, 10% Granada, 7% biotita e 3% de Acessórios, muito recomendados para uso interno em revestimentos de parede, divisórias, pisos, escadas, pavimentos de baixo tráfego (DIAS et al., 2013). Apesar de não popularizado para revestimentos externos e fachadas, os ensaios indicados no capítulo 7.3 serão executados a partir da utilização desta variedade de granito devido à grande quantidade de amostras doadas para a pesquisa.

Como características físicas, possui densidade aparente de 2.636 kg/m³, porosidade aparente de 1,02%, absorção de água de 0,39% (DIAS et al., 2013).

7.2.2. Granito Branco Itaúnas

Na região de Medeiros Neto, Bahia, no contexto geológico da Província Mantiqueira, é explorado, dentre outras rochas, o granito Branco Itaúnas em suas duas variantes, Microponto II (ITN-1) e Microponto III (ITN-2). As amostras Branco Itaúnas são gnaisses monzograníticos com granada, macro e microscopicamente muito semelhantes (FRASCÁ, 2003).



Figura 2: Mina de Branco Itaúnas, na Bahia

Fonte: Frascá, 2003.

A utilização desta rocha é recomendada em revestimentos interiores de paredes, divisórias, pisos, escadas e em pavimentos de baixo tráfego, podendo ainda ser aplicada em revestimentos de exteriores se a granada não possuir conteúdo férrico. Em relação às fachadas aeradas, é necessário efetuar ensaios complementares de resistência à ancoragem, resistência à cristalização de sais e durabilidade (DIAS et al., 2013).

O Itaúnas possui em sua composição mineralógica 40% de micropertítico, 30% Quartzo, 25-30% Plagioclásio e 5% Granada. Em relação às características físicas, sua densidade aparente é de 2.614 kg/m³, porosidade aparente de 0,96%, absorção de água de 0,37% (DIAS et al., 2013).

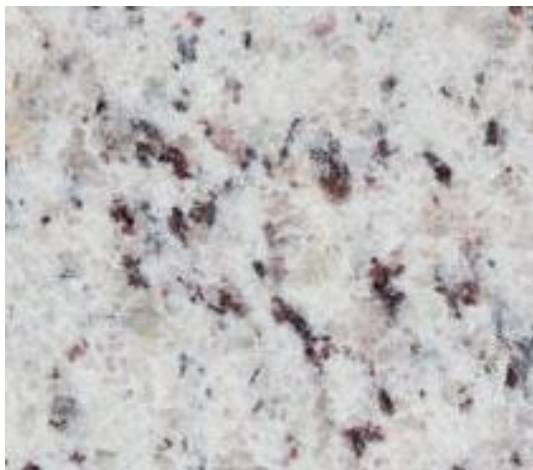


Figura 3: Granito Branco Itaúnas.

Fonte: DIAS et al., 2013.

7.2.3. Granito Amarelo ornamental

O granito Amarelo Ornamental é extraído no Espírito Santo, ao longo da Serra Capixaba, principalmente próximo ao município de Águia Branca (AQUINO, 2015).

Em sua composição mineralógica destacam-se 55% de micropertítico, 25% Quartzo, 10% Plagioclásio, 5-10% Granada e < 5% Biotita. Recomenda-se a utilização dessa rocha em revestimentos de paredes e pisos com baixo tráfego. Para utilização em fachadas externas salienta-se a importância da realização de ensaios complementares. Possui densidade aparente de 2.631 kg/m³, porosidade aparente de 0,83%, absorção de água de 0,32% (DIAS et al., 2013).



Figura 4: Granito Amarelo Ornamental

Fonte: DIAS et al., 2013.

7.2.4. Interface Argamassa-Placa e Aderência

O assentamento do revestimento pétreo sobre o substrato pode ser efetuado aplicando-se uma camada intermediária de argamassa colante, desenvolvida especificamente para a união dos componentes, conforme ilustrado na Figura 5.

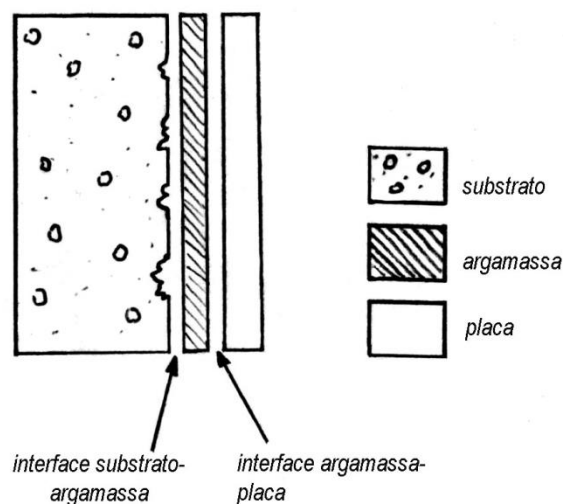


Figura 5: Representação do assentamento

Fonte: COSTA et al., 2005.

A argamassa colante deve apresentar, nas duas interfaces, um nível de aderência que garanta suportar as solicitações a que todo o conjunto estará submetido (COSTA et al., 2005).

A ancoragem entre os componentes está condicionada à dois mecanismos, os processos físicos e os químicos, além de associação entre eles (ITC, 1997).

Os processos físicos ocorrem devido ao encunhamento mecânico, ligado à penetração e endurecimento da fase líquida da pasta aglomerante nos poros dos materiais da base ou do revestimento (COSTA E SILVA, 2001).

Já o mecanismo de ancoragem química contempla a formação de uma ligação química entre a argamassa e o material de revestimento. Segundo Lichteinstein; Souza (1988 apud MARANHÃO et al., 2003), esta atração, classificada como intermolecular, é decorrente de processos químicos ou ligações secundárias de Van der Waals e pontes de hidrogênio.

Durante a análise de casos de descolamento de revestimentos aderidos, é bastante comum a predominância de ruptura na interface entre o revestimento e a camada da argamassa de fixação, evidenciando problemas de ancoragem. Os cuidados para evitar a ocorrência desta situação devem envolver a análise dos mecanismos de ancoragem entre os diferentes componentes, absorção e sucção de água do revestimento, capacidade de retenção de água da argamassa colante, extensão de aderência, entre outros (MARANHÃO et al., 2003).

Do ponto de vista reológico, a viscosidade conceitua-se como a facilidade de escoamento do fluido, determinando as características de seu espalhamento e penetração nas rugosidades dos substratos, garantindo a ancoragem da argamassa e a resistência de aderência dessa interface, Figura 6 (COSTA et al., 2005).

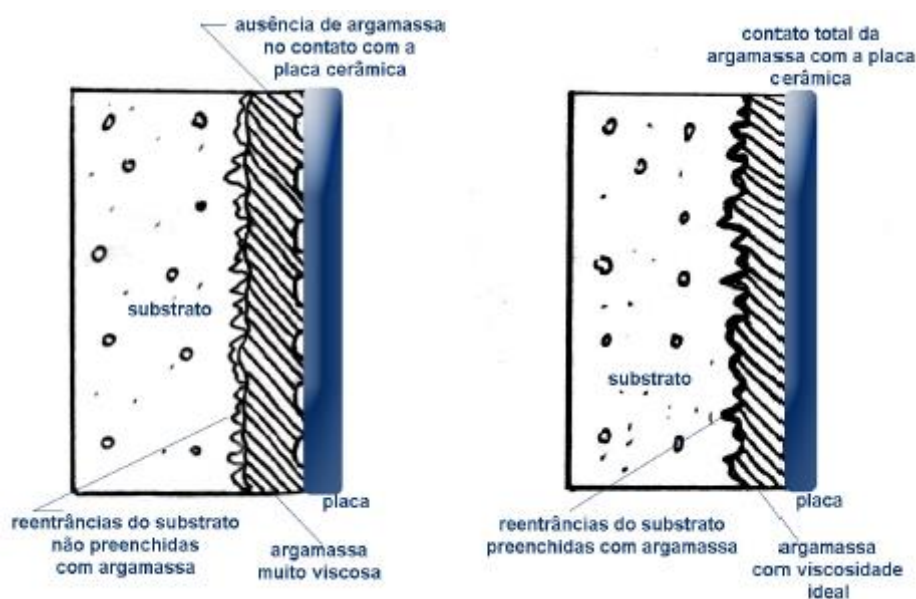


Figura 6: Aderência ao substrato

Fonte: COSTA et al., 2005.

Diferentes fatores influenciam o comportamento reológico da argamassa, como sua granulometria, influenciando o fluxo do fluido; teor e o tipo de aditivos empregados, reduzindo a aglomeração de partículas e reduzindo a viscosidade; e a quantidade de água utilizada na mistura, contribuindo para

afastar as partículas e reduzir a viscosidade da argamassa (PAPO e PIANI, 2004).

Uma vez que a argamassa adesiva, durante a etapa de produção, pode perder a sua água de constituição tanto para os componentes a ela aderidos como para o ambiente, observa-se geralmente uma “disputa de forças” entre os elementos envolvidos (MARANHÃO et al., 2003).

Desta forma, vários parâmetros podem influenciar na aderência de revestimentos, desde aspectos relacionados às propriedades intrínsecas dos materiais, até os procedimentos adotados durante a produção, os quais podem ser responsáveis por uma maior extensão de aderência (MARANHÃO et al., 2003).

A extensão adequada da aderência está ligada principalmente aos procedimentos de produção. O método de assentamento empregado deve fazer uso de uma desempenadeira dentada para estender a argamassa de assentamento na base e posterior colocação do revestimento. A espessura dos cordões de argamassa formados deve ser suficiente para preencher todo o verso da placa após a prensagem. Para isso, é necessário que os dentes da desempenadeira estejam com espessura mínima de 6mm, a compactação das placas seja o mais eficiente possível, preferencialmente por meio de percussão com martelo de borracha (MARANHÃO et al., 2003).

7.2.5. Manifestações Patológicas

Para Silva et al. (2008) as manifestações patológicas em rochas ornamentais podem ser classificadas em:

- Congênitas: responsáveis pela maior parte das avarias registradas em edifícios, são originadas durante a fase de projeto e especificação, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissão profissional, que resultam em falhas e concepção inadequada dos revestimentos
- Construtivas: resultante do emprego de mão de obra desqualificada, ausência de metodologia para assentamento de peças, controle de qualidade deficiente e produtos não certificadas, ou seja, relacionados à fase de execução da

obra, também são responsáveis por grande parte das patologias encontradas nas edificações.

- Adquiridas: resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser decorrentes da ação humana, em função da deficiência em manutenção ou realização de interferência incorreta nos revestimentos, ou naturais, decorrente da agressividade do meio, danificando as faces dos mesmos e desencadeando processos patológicos.

- Acidentais: caracterizadas pela ocorrência de fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum. Sua ação provoca esforços de natureza imprevisível.

As principais causas dos problemas patológicos relacionados às rochas ornamentais na construção civil são: a má aderência entre a placa e a argamassa de assentamento ou desta com o substrato, a especificação do rejuntamento, produtos impermeabilizantes, a agressividade da atmosfera (salinidade, fortes ventos com particulados em suspensão e poluição) (SILVA et al., 2008).

Em relação à argamassa de assentamento, tem-se como principais manifestações patológicas associadas, deslocamentos e o surgimento de manchas. Maranhão et al (2005 apud Silva et al., 2008), ao investigarem a resistência de aderência de diferentes argamassas utilizadas para o assentamento de granitos, constataram que nas do tipo “farofa” (confeccionadas em obra, de maneira artesanal, a base de cimento, cal e areia), apenas naquelas em que há pulverização de cimento e onde o teor de cimento é superior a 25%, a resistência de aderência mostra-se satisfatória. Na argamassa colante, entretanto, os resultados apresentam elevada variação em função do tipo de argamassa, sendo que mais de 50% dos tipos testados apresentaram valores abaixo ou muito próximos de 0,50 MPa, estabelecidos pela norma técnica como sendo o mínimo, e todas as classificadas como ACI e algumas como ACII apresentaram valores para a resistência de aderência insatisfatória.

Nos revestimentos de placas pétreas, são usados diversos tipos de rejuntamento, como argamassas industrializadas e aditivadas com produtos poliméricos, resinas epóxi e matiques. Os problemas pertinentes ao rejuntamento

incluem espessura de juntas entre placas muito reduzidas dificultando seu preenchimento; má aderência entre a placa pétrea e o rejunte; retração por secagem, em decorrência do excesso de água de amassamento e de condições inadequadas de cura (SILVA et al., 2008).

Os manchamentos ocorrem devido à umidade existente na própria argamassa de assentamento, provocando alterações cromáticas na superfície da rocha, que podem ser irreversíveis. Um tipo frequente de manchas é a eflorescência, que ocorre pela cristalização de sais solúveis, como o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o de magnésio (MgCO_3) (GRILLO, 2010).

Maranhão (2002) ao investigar a influência do tipo de argamassa de assentamento no surgimento de manchas de umidade, constatou que as do tipo colante reduzem em até 65% o tempo necessário para o seu desaparecimento, quando comparada com as do tipo “farofa” e mistas.

Com o objetivo de minimizar, ou evitar o surgimento de manchas causadas pela absorção de líquidos, vários produtos impermeabilizantes vêm sendo aplicados nas placas pétreas, tanto na superfície como no tardo. Segundo Frazão e Farjallat (1996), esses produtos dividem-se em dois grupos: os de superfície, que modificam a tensão superficial dos materiais, e os endurecedores, que atuam através da precipitação de sais pouco solúveis ou da formação de gel que preenchem os vazios da placa.

As manifestações patológicas associadas a utilização de produtos impermeabilizantes são: alteração do aspecto superficial, seja pela formação de uma película superficial ou pela sua degradação em função dos agentes intempéricos; redução na resistência de aderência, quando aplicado no tardo, anteriormente ao assentamento da placa pétrea, o impermeabilizante poderá dificultar a penetração de pasta para ancoragem placa-argamassa (SILVA et al., 2008).

As degradações temporais de rochas para revestimento externo que posteriormente podem ocasionar patologias são causadas por agentes físicos, resultante de fenômenos de expansão e/ou retração diferencial dos minerais, provocados por variações térmicas, abalos físicos; Químico: considera as reações

químicas que se processam na superfície e nas discontinuidades das rochas, com a formação de minerais secundários e interação com o sistema de assentamento; Biológico: provocado pelo crescimento de microrganismos sobre as rochas (IAMAGUTI, 2001).

O tipo litológico (mineralogia, textura e estrutura), a presença de fraturas ou fissuras (porosidade) e o clima do ambiente de aplicação, podem ser considerados os fatores que mais influenciam na susceptibilidade e na taxa do intemperismo físico e químico em rochas para revestimento. Uma rocha muito porosa, absorverá mais água em sua estrutura, sendo mais susceptível à alteração do que outra rocha similar menos porosa. Também uma rocha menos porosa apresenta valores mais altos de resistência aos esforços mecânicos não dinâmicos. O vento pode ter uma ação abrasiva significativa se transportar partículas e areias. Este fenômeno é aumentado se for canalizado através de passagens estreitas. Alguns pássaros como, por exemplo, os pombos, provocam a corrosão química através dos seus dejetos. Os microrganismos, como os fungos, as algas, os líquenes e as bactérias, que se desenvolvem sob condições propícias de umidade e de luz, podem ser prejudiciais ao nutrirem-se dos sais e matérias que retiram do próprio material em que se fixam. Alguns organismos segregam ácidos e outras substâncias químicas capazes de dissolver alguns componentes das rochas. A colonização de microrganismos está associada à disponibilidade de água. (SILVA et al., 2008).

7.3. PARÂMETROS FÍSICOS DA ARGAMASSA

As argamassas colantes industrializadas devem atender aos requisitos mínimos de desempenho, de acordo com a NBR 14081-1:2012, expostos nos Quadros 2 e 3 a seguir:

Requisito	Método de Ensaio	Unid	Argamassa Colante Industrializada		
			ACI	ACII	ACIII
Tempo em aberto	ABNT NBR 14081-3:2012	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Resistência de aderência à tração aos 28 dias em:	ABNT NBR 14081-4:2012	Mpa			
Cura normal			$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 1,0$
Cura submersa			$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 1,0$
Cura com estufa			-	$\geq 0,5$	$\geq 1,0$

Quadro 2: Requisitos fundamentais para argamassas colantes.

Fonte: NBR 18041-1:2012.

Requisito	Método de Ensaio	Critério
Tempo em aberto estendido (E)	ABNT NBR 14081-3:2012	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo em aberto estendido no mínimo 10 min além do especificado como propriedade fundamental
Deslizamento reduzido (D)	ABNT NBR 14081-5:2012	Argamassa do tipo I, II ou III com deslizamento menor ou igual a 2mm

Quadro 3: Requisitos opcionais para argamassas colantes.

Fonte: NBR 18041-1:2012.

7.3.1. Substrato padrão

A NBR 14081-1:2012 define substrato padrão como placa de concreto armado com determinada composição, absorção e resistência, destinada a servir como base nos ensaios de argamassa colante industrializada, com a importância de simular as condições de assentamento de obra. Deve possuir espessura mínima de 20 mm e dimensões mínimas de 25x50 cm de modo com que as placas de granito de cada série de ensaio caibam em um mesmo substrato (ABNT, 2012). Os procedimentos de execução e cura do substrato padrão são descritos no anexo B da norma NBR 14081-2:2012.

7.3.2. Ensaio de tempo em aberto

O tempo em aberto corresponde ao maior intervalo de tempo para o qual uma placa pétrea pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante, a qual proporcionará, após um período de cura, resistência à tração simples ou direta (ABNT, 2012). Ou seja, é o intervalo máximo de tempo, após extensão dos cordões, em que as placas ainda podem ser assentadas dentro dos critérios estabelecidos em norma, um tempo mais longo permite ao trabalhador atuar com mais segurança em condições adversas, com alta temperatura, baixa umidade ou substrato muito absorvente. Caso o tempo em aberto seja ultrapassado, a argamassa deve ser retirada e descartada para que não haja manifestações patológicas.

O ensaio é regido pela norma NBR 14081-3:2012 e orienta a estender a argamassa longitudinalmente sobre o substrato-padrão, seguindo as prescrições indicadas na NBR 14081-2:2012, Seção 8, e ao final da operação acionar um cronômetro.

Transcorrido o tempo conforme especificado no Quadro 2, posicionar as dez placas de granito conforme a figura 7, de modo em que haja uma separação entre as placas de 50mm e de 25mm entre suas arestas e a borda mais próxima do substrato-padrão. Em seguida, carregar cada placa, centralizadamente, com uma “massa padrão” de 2kg, durante 30s.

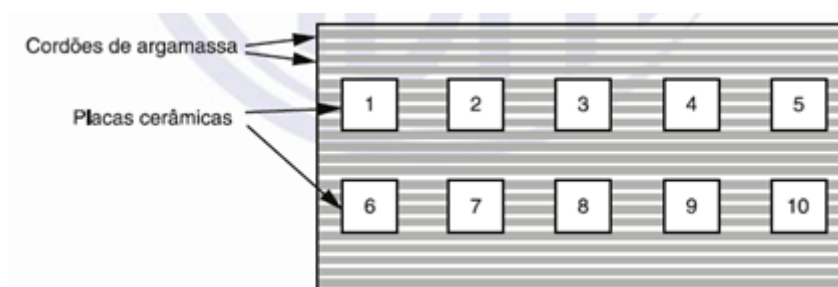


Figura 7: Exemplo de disposição das placas de granito
Fonte: NBR 18041-3:2012.

O conjunto deve permanecer na posição horizontal por 24 h e após esse período, colocado na posição vertical para ser submetido ao processo de

cura normal, durante 28 dias. A partir de 72 h antes da data do arrancamento, deve-se colar em cada placa uma peça metálica de arrancamento, utilizando adesivo recomendado (ABNT, 2012).

A expressão do resultado se dá mediante Equação 1. Para qualquer detalhe adicional do ensaio, recomenda-se a leitura da NBR 14081-3:2012.

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

Em que:

f_t : Tensão de ruptura, em MPa, arredondado à segunda decimal;

T: Força de ruptura, em N;

A: Área da placa pétrea, em mm².

7.3.3. Ensaio de resistência de aderência à tração

A resistência de aderência à tração pode ser entendida, como a resistência à ruptura por tração, em determinada idade e condições de cura do conjunto constituído por substrato padrão, argamassa colante e placa pétrea (ABNT, 2012).

O ensaio segue a norma NBR 14081-4:2012 e, análogo ao ensaio de tempo em aberto, consiste em estender a argamassa sob o substrato padrão e ao final da operação acionar um cronômetro. Transcorridos 5 min do final da aplicação, posicionar 10 placas pétreas sobre a argamassa estendida em cordões, de modo que haja uma separação de 50 mm entre elas e 25 mm entre as bordas mais próximas do substrato. Em seguida, carregar cada placa, centralizadamente, com uma “massa padrão” de 2 kg, durante 30s. O intervalo de tempo entre a colocação da primeira placa e a ultima massa padrão não pode exceder 30s (ABNT, 2012).

O conjunto deve permanecer na posição horizontal por 24 h e após esse período, colocado na posição vertical para ser submetido ao processo de cura normal, durante 28 dias. A partir de 72 h antes da data do arrancamento,

deve-se colar em cada placa uma peça metálica de arrancamento, utilizando adesivo recomendado (ABNT, 2012).

A expressão do resultado se dá mediante Equação 1. Para qualquer detalhe adicional do ensaio, recomenda-se a leitura da NBR 14081-4:2012.

7.3.4. Ensaio de deslizamento

O deslizamento corresponde ao deslocamento vertical sofrido por uma placa pétrea, sob a ação de seu peso próprio, aplicada sobre argamassa colante em seu estado fresco (ABNT, 2012).

Destaca-se a importância da realização deste ensaio para observar a interação da argamassa com as propriedades físicas das rochas. Se a retenção de água da argamassa for muito alta em relação à sucção da rocha, a mesma pode deslizar pela argamassa, prejudicando a aderência. Ao contrário, se a sucção for muito alta em relação à água, pode não haver água suficiente na interface para a hidratação dos grãos de cimento.

O ensaio segue a norma NBR 14081-5:2012 e consiste, basicamente, em prender uma régua metálica rígida contra a borda longitudinal do substrato-padrão, de modo que a régua e o substrato tenham suas arestas coincidentes, e colar uma fita adesiva, no substrato, abaixo da régua, de modo que também mantenha as arestas coincidentes, conforme ilustrado na Figura 8. Deve-se garantir a condição de horizontalidade da borda inferior da régua quando o substrato-padrão for colocado na posição vertical (ABNT, 2012).

Na posição horizontal, imprimir o substrato-padrão em dois movimentos de mesma direção e sentido, conforme a Figura 8. Retirar o excesso de argamassa e prosseguir à formação dos cordões, garantindo que a argamassa se sobreponha ligeiramente sobre a fita adesiva e que os cordões fiquem perpendiculares à régua metálica.

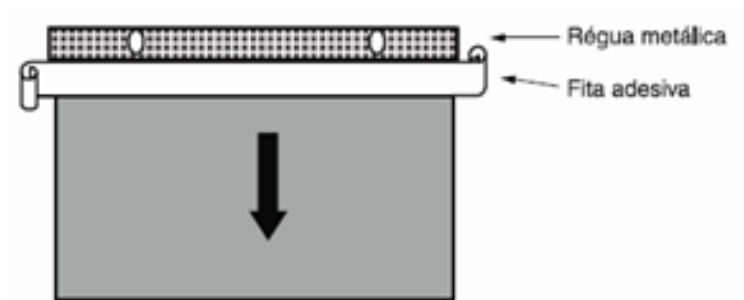


Figura 8: Sentido da imprimação do substrato-padrão

Fonte: NBR 18041-5:2012.

Ao retirar a fita adesiva, deve-se colocar dois espaçadores de 25 mm encostados na régua e após 2 minutos de aplicação da argamassa, posicionar 3 placas pétreas em contato com a argamassa e com as arestas encostadas nos espaçadores, de acordo com a Figura 9 (ABNT, 2012).

Em seguida, deve-se posicionar uma “massa padrão” de 5 kg sob as placas por 30s e retirá-las, juntamente com os espaçadores. Logo após mede-se, com um paquímetro, a distância entre a régua metálica e a aresta superior da placa. A seguir, move-se o substrato para a posição vertical e, após 20 minutos, retorna-o à posição horizontal para realizar novamente a leitura da distância (ABNT, 2012).

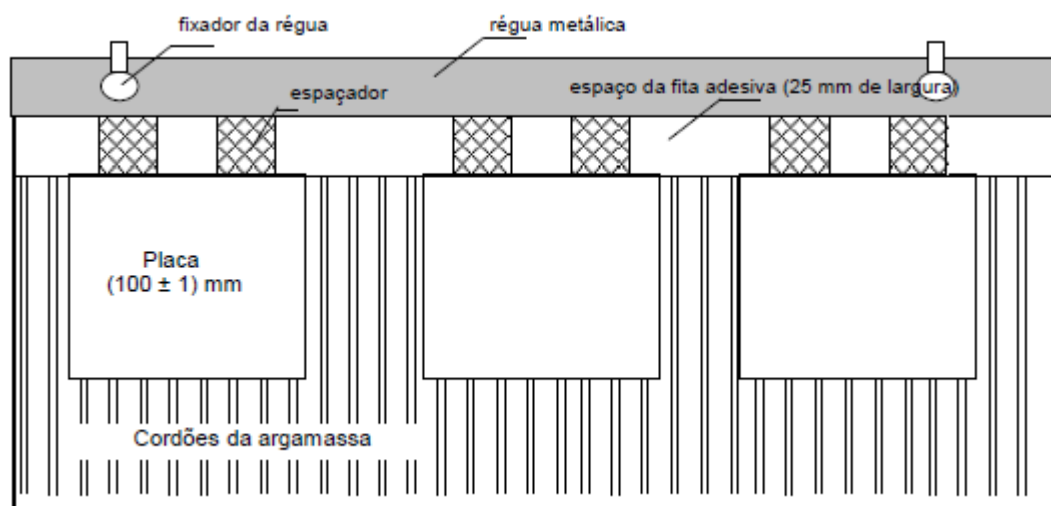


Figura 9: Ensaio de deslizamento.

Fonte: NBR 18041-5:2012.

A expressão do resultado do deslizamento das três placas se dá através da média das diferenças entre as leituras finais e iniciais, Equação 2 (ABNT,

2012). Para qualquer detalhe adicional do ensaio, recomenda-se a leitura da NBR 14081-5:2012.

$$L = \frac{\Sigma (L_f - L_i)}{6} \quad (2)$$

Em que:

L: Deslizamento, expresso em mm, com aproximação à primeira casa decimal;

L_i : Leitura Inicial;

L_f : Leitura final.

8. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

8.1. DETERMINAÇÃO DO TEMPO EM ABERTO

O ensaio para a determinação do tempo em aberto, realizado de acordo com a NBR 14081-3:2012, apresentou os seguintes resultados.

8.1.1. Argamassa ACII

O Quadro 4, a seguir, apresenta os tipos e as forças de ruptura resultantes de cada amostra que foram assentadas com a argamassa ACII.

Amostra	Tipo da ruptura	Força de ruptura (kgf)
1	S/A	204
2	S/A	310
3	S/A	321
4	S/A	245
5	S/A	213
6	S/A	190
7	S/A	300
8	S/A	359
9	S/A	405
10	S/A	450

Quadro 4: Força de ruptura da argamassa ACII para tempo em aberto.

Fonte: Autoria própria.

Considerando que as amostras possuíam $1963,4954\text{mm}^2$, de área, foi calculado a tensão de ruptura e a tensão média de ruptura, nos quais os resultados estão expostos no Quadro 5.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (MPa)
1	1,02	1,50
2	1,55	
3	1,60	
4	1,22	
5	1,06	
6	0,95	
7	1,50	
8	1,79	
9	2,02	
10	2,25	

Quadro 5: Tensão de ruptura da argamassa ACII para tempo em aberto.

Fonte: Autoria própria.

A partir da tensão média de ruptura foram determinados os limites inferior e superior, e, posteriormente, a média final foi recalculada apenas com os valores de tensão de ruptura que ficaram dentro do intervalo dos limites. O Quadro 6 apresenta os limites inferior e superior, bem como a tensão média de ruptura final.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Limite inferior (MPa)	Limite superior (MPa)	Média final (Mpa)
1	1,02	1,20	1,80	1,5
2	1,55	1,20	1,80	
3	1,60	1,20	1,80	
4	1,22	1,20	1,80	
5	1,06	1,20	1,80	
6	0,95	1,20	1,80	
7	1,50	1,20	1,80	
8	1,79	1,20	1,80	
9	2,02	1,20	1,80	
10	2,25	1,20	1,80	

Quadro 6: Limites de tensão e tensão média de ruptura da argamassa ACII para tempo em aberto.

Fonte: Autoria própria.

Observado que os valores das tensões de rupturas obtidas nas amostras 2, 3, 4, 7 e 8 ficaram dentro do intervalo estipulado pelos limites inferior e superior, pode-se confirmar que a média final é a tensão de ruptura do ensaio. Ou seja, o tempo em aberto da Argamassa ACII é maior do que 20 minutos.

8.1.2. Argamassa ACIII

Os resultados dos tipos e as forças de ruptura das amostras assentadas com a argamassa ACIII estão expostos no Quadro 7, abaixo.

Amostra	Tipo da ruptura	Força de ruptura (kgf)
1	S/A	176
2	S/A	457
3	S/A	378
4	S/A	237
5	S/A	201
6	S/A	302
7	S/A	311
8	S/A	276
9	S/A	365
10	S/A	449

Quadro 7: Força de ruptura da argamassa ACIII para tempo em aberto.

Fonte: Autoria própria.

As tensões de ruptura e a tensão média calculadas estão apresentadas no Quadro 8.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (Mpa)
1	0,88	1,57
2	2,28	
3	1,89	
4	1,18	
5	1,00	
6	1,51	
7	1,55	
8	1,38	
9	1,82	
10	2,24	

Quadro 8: Tensão de ruptura da argamassa ACIII para tempo em aberto.

Fonte: Autoria própria.

Determinado os limites inferior e superior de 1,26 e 1,89MPa, respectivamente, calculou-se a média final como sendo 1,6 MPa. Tal valor foi validado com sendo a tensão de ruptura do ensaio, uma vez que os valores das tensões de ruptura das amostras 3, 6, 7, 8 e 9 ficaram inseridos no intervalo dos limites supracitados.

Desta forma, conclui-se que o tempo em aberto da Argamassa ACIII é maior do que 20 minutos.

8.1.3. Argamassa ACIII Mármore e Granitos

As amostras assentadas com a argamassa ACIII Mármore e Granitos apresentaram os tipos e as forças de ruptura semelhantes às amostras da argamassa ACIII, conforme estão expostos no Quadro 9.

Amostra	Tipo da ruptura	Força de ruptura (kgf)
1	S/A	310
2	S/A	283
3	S/A	291
4	S/A	256
5	S/A	199
6	S/A	316
7	S/A	392
8	A	419
9	S/A	188
10	S/A	392

Quadro 9: Forças da argamassa ACIII Mármore e Granitos para tempo em aberto.
Fonte: Autoria própria.

A tensão de ruptura e a tensão média de ruptura, obtidas a partir da relação entre força e área, estão listadas no Quadro 10.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (Mpa)
1	1,55	1,52
2	1,41	
3	1,45	
4	1,28	
5	0,99	
6	1,58	
7	1,96	
8	2,09	
9	0,94	
10	1,96	

Quadro 10: Tensões da argamassa ACIII Mármore e Granitos para tempo em aberto.
Fonte: Autoria própria.

Neste caso, os limites inferior e superior calculados foram 1,22 e 1,83MPa. Sendo 1,5MPa a tensão de ruptura do ensaio obtida através da média das amostras 1, 2, 3, 4 e 6, que ficaram dentro desse intervalo.

Portanto, este ensaio possibilita afirmar que o tempo em aberto da Argamassa ACIII Mármore e Granitos é maior do que 20 minutos.

Os resultados das tensões de rupturas e tensões médias das amostras do ensaio de tempo em aberto estão representados no Gráfico 1, abaixo.

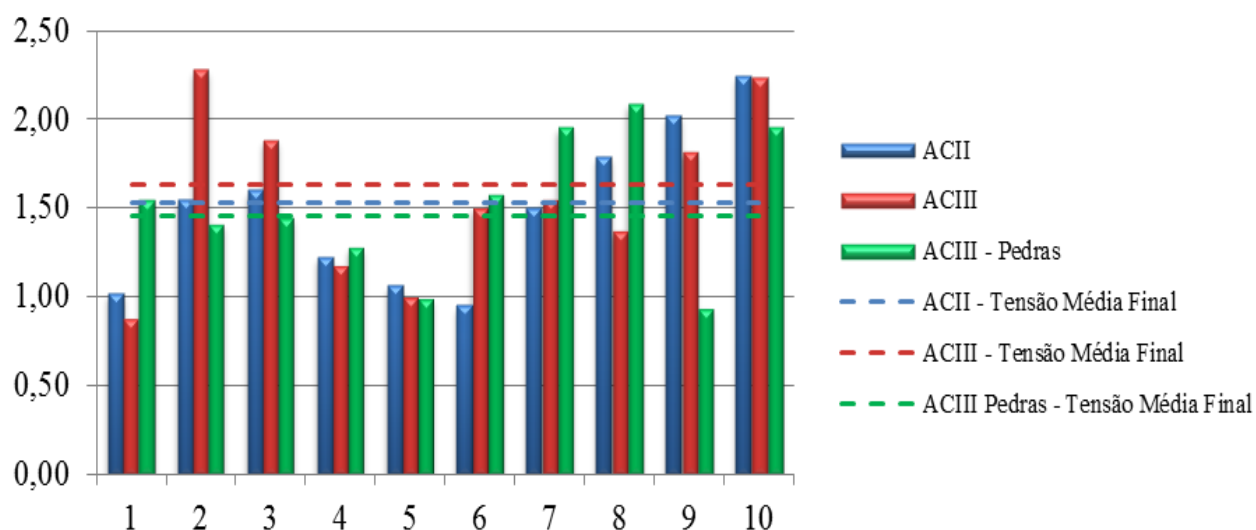


Gráfico 1: Tensões de rupturas e média final das amostras de tempo em aberto.

Fonte: Autoria própria.

8.2. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

O ensaio para a determinação da resistência de aderência à tração, realizado de acordo com a NBR 14081-4:2012, apresentou os seguintes resultados.

8.2.1. Argamassa ACII

Os resultados das forças de ruptura e a identificação do tipo de rompimento das amostras assentadas com a argamassa ACII estão apresentados no Quadro 11.

Amostra	Tipo da ruptura	Força de ruptura (kgf)
1	S/A	319
2	S/A	261
3	S/A	203
4	S/A	157
5	S/A	199
6	S/A	178
7	S/A	177
8	S/A	235
9	S/A	183
10	S/A	182

Quadro 11: Força de ruptura da argamassa ACII para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que para o ensaio da determinação do tempo em aberto, foram utilizadas amostras com 1963,4954mm², de área, o que resultou nos valores de tensões de ruptura e tensão média apresentadas no Quadro 12.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (MPa)
1	1,59	1,05
2	1,30	
3	1,01	
4	0,78	
5	0,99	
6	0,89	
7	0,88	
8	1,17	
9	0,91	
10	0,91	

Quadro 12: Tensão de ruptura da argamassa ACII para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

Posterior ao cálculo da tensão média de ruptura foram determinados os limites inferior e superior. A média final foi recalculada apenas com os valores de tensão de ruptura que ficaram dentro do intervalo dos limites. O

Quadro 13 apresenta os limites inferior e superior, bem como a tensão média de ruptura final.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Limite inferior (MPa)	Limite superior (MPa)	Média Final (MPa)
1	1,59	0,84	1,26	1,0
2	1,30	0,84	1,26	
3	1,01	0,84	1,26	
4	0,78	0,84	1,26	
5	0,99	0,84	1,26	
6	0,89	0,84	1,26	
7	0,88	0,84	1,26	
8	1,17	0,84	1,26	
9	0,91	0,84	1,26	
10	0,91	0,84	1,26	

Quadro 13: Limites de tensão e tensão média de ruptura da argamassa ACII para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

Também no Quadro 13 é possível analisar que os valores da tensão de ruptura das amostras 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 ficaram inseridos no intervalo do limite inferior e superior. Este fato possibilita afirmar que a tensão de ruptura à tração da argamassa ACII, para as condições que este ensaio foi realizado, foi de 1,0MPa.

8.2.2. Argamassa ACIII

No Quadro 14 estão relacionados os resultados dos tipos e as forças de ruptura obtidas das amostras assentadas com a argamassa ACIII.

Amostra	Tipo da ruptura	Força de ruptura (kgf)
1	S/A	565
2	S/A	303
3	S/A	470
4	S/A	260
5	S/A	444
6	S/A	477
7	S/A	396
8	S/A	446
9	S/A	408
10	S/A	323

Quadro 14: Força de ruptura da argamassa ACIII para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do cálculo das tensões de ruptura e a tensão média de ruptura estão listados no Quadro 15.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (MPa)
1	2,82	2,04
2	1,51	
3	2,35	
4	1,30	
5	2,22	
6	2,38	
7	1,98	
8	2,23	
9	2,04	
10	1,61	

Quadro 15: Tensão de ruptura da argamassa ACIII para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

A tensão média de ruptura, 2,04MPa, possibilitou calcular os limites inferior e superior, 1,63 e 2,45MPa, respectivamente. Analisando os valores das tensões de ruptura das amostras 3, 5, 6, 7, 8 e 9 pode-se obter 2,2MPa como a tensão média final de ruptura do ensaio. Por consequência, obteve-se como valor para a tensão de ruptura à tração da argamassa ACIII, para as condições que este ensaio foi realizado, 2,2MPa.

8.2.3. Argamassa ACIII Mármore e Granito

Assim como no ensaio de tempo em aberto, os tipos e forças de ruptura das amostras assentadas com a argamassa ACIII Mármore e Granito foram semelhantes às amostras da argamassa ACIII, conforme é apresentado no Quadro 16.

Amostra	Tipo da ruptura	Força de ruptura (kgf)
1	S/A	426
2	S/A	530
3	S/A	391
4	S/A	636
5	S/A	309
6	S/A	422
7	S/A	385
8	S/A	478
9	S/A	440
10	S/A	395

Quadro 16: Forças da ACIII Mármore e Granito para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

Após a conversão das forças de ruptura para Newton e a divisão pela área padrão das amostras, obteve-se os valores de tensão de ruptura e tensão média apresentados no Quadro 17.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	Tensão média de ruptura (MPa)
1	2,13	2,20
2	2,65	
3	1,95	
4	3,18	
5	1,54	
6	2,11	
7	1,92	
8	2,39	
9	2,20	
10	1,97	

Quadro 17: Tensões da ACIII Mármore e Granitos para resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

Na sequência, os limites inferior e superior calculados foram 1,76 e 2,64MPa. Calculou-se, então, 2,1MPa como sendo a tensão de ruptura do ensaio obtida através da média das amostras 1, 3, 6, 7, 8, 9 e 10, que ficaram dentro desse intervalo.

Portanto, este ensaio possibilita afirmar que a tensão de ruptura à tração da argamassa ACIII Mármore e Granitos, para as condições que este ensaio foi realizado, foi de 2,1MPa.

Os resultados das tensões de rupturas e tensões médias das amostras do ensaio de resistência à tração estão representados no Gráfico 2, abaixo.

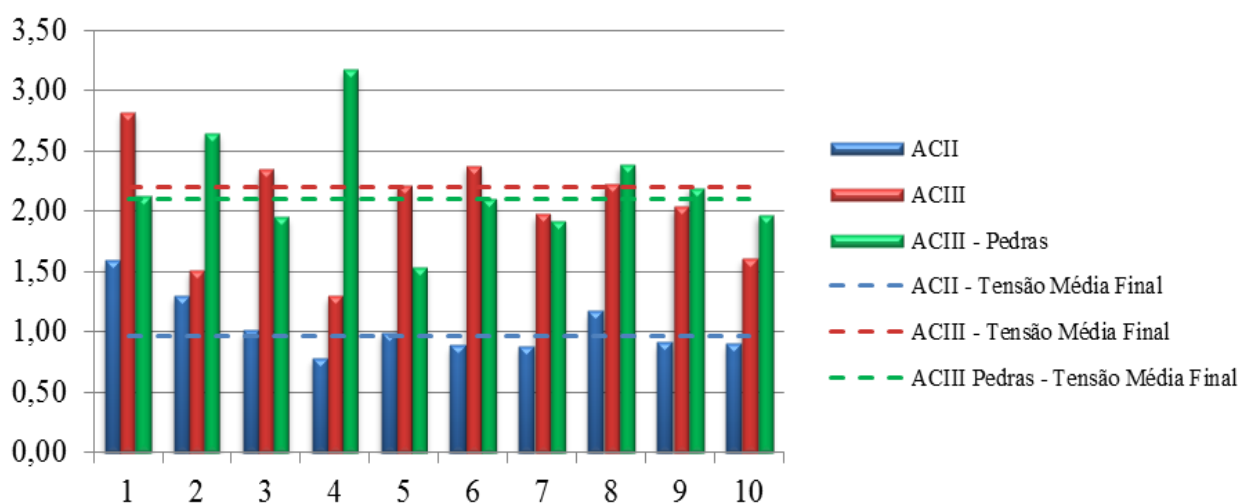


Gráfico 2: Tensões de rupturas e média final das amostras de resistência à tração.

Fonte: Autoria própria.

8.3. DETERMINAÇÃO DO DESLIZAMENTO

O ensaio para a determinação do deslizamento, realizado de acordo com a NBR 14081-5:2012, apresentou os seguintes resultados.

8.3.1. Argamassa ACII

O ensaio para a determinação do deslizamento da argamassa ACII não foi conclusivo. Foram executadas duas tentativas, conforme recomendado pela NBR 14081-5:2012, no entanto, ao posicionar o substrato-padrão na vertical, as três amostras deslizaram até a base, conforme ilustrado na Figura 10.



Figura 10: Ensaio de deslizamento ACII.

Fonte: Autoria própria

8.3.2. Argamassa ACIII

As leituras das posições inicial e final de cada ponto de leitura das três amostras das placas de granito assentadas com a argamassa ACIII, expressa em milímetros, estão apresentadas no Quadro 18.

Amostra	Leitura	Ponto de leitura	Valor (mm)
1	Inicial	A	27,1
		B	30,3
	Final	A	29,0
		B	30,1
2	Inicial	A	27,4
		B	26,3
	Final	A	27,5
		B	28,0
3	Inicial	A	29,0
		B	31,1
	Final	A	29,5
		B	31,6

Quadro 18: Leituras para deslizamento ACIII.

Fonte: Autoria própria.

Os deslocamentos, calculados através da diferença entre as leituras inicial e final, de cada amostra estão expressos no Quadro 19.

Amostra	Ponto de leitura	Deslocamentos (mm)
1	A	1,9
	B	0,4
2	A	0,1
	B	1,7
3	A	0,5
	B	0,5

Quadro 19: Deslocamentos ACIII.

Fonte: Autoria própria.

Calculou-se, portanto, como média dos deslocamentos das amostras e, por consequência, o deslizamento da argamassa ACIII de 0,9mm.

8.3.3. Argamassa ACIII Mármore e Granito

Os resultados das leituras das posições inicial e final das amostras assentadas com a argamassa ACIII Mármore e Granito estão relacionadas no Quadro 20.

Amostra	Leitura	Ponto de leitura	Valor (mm)
1	Inicial	A	27,2
		B	27,1
	Final	A	28,0
		B	28,5
2	Inicial	A	27,0
		B	28,1
	Final	A	27,5
		B	29,0
3	Inicial	A	32,5
		B	29,2
	Final	A	33,0
		B	30,1

Quadro 20: Leituras para deslizamento ACIII Mármore e Granito.

Fonte: Autoria própria.

É possível analisar que os resultados da diferença entre as leituras inicial e final, das amostras da argamassa ACIII Mármore e Granito são semelhantes aos da ACIII, conforme apresentado no Quadro 21.

Amostra	Ponto de leitura	Deslocamentos (mm)
1	A	0,8
	B	1,4
2	A	0,5
	B	0,9
3	A	0,5
	B	0,9

Quadro 21: Deslocamentos ACIII Mármore e Granito.

Fonte: Autoria própria.

Concluíram-se os cálculos obtendo o valor de 0,8mm como sendo a média dos deslocamentos das amostras e o deslizamento da argamassa ACIII Mármore e Granitos.

As médias dos deslocamentos de cada ponto de leitura das amostras, bem como o deslizamento médio final da ACIII e ACIII Mármore e Granitos, estão representados no Gráfico 3, abaixo.

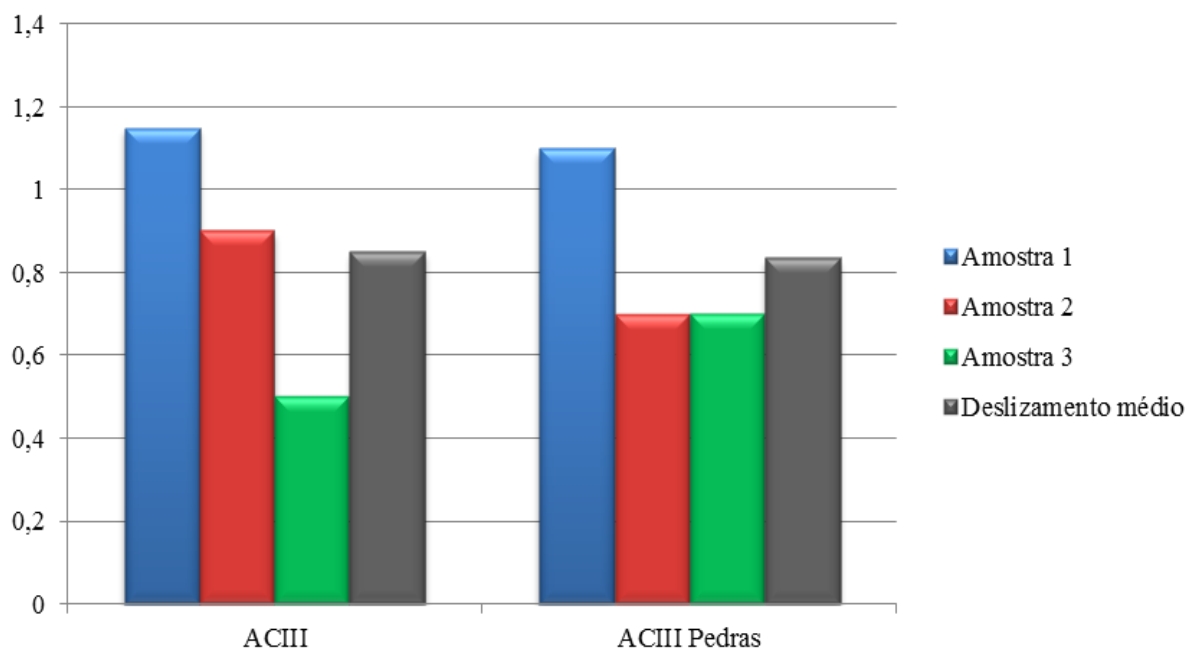


Gráfico 3: Deslocamento médio das amostras de deslizamento.

Fonte: Autoria própria.

8.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A compilação dos resultados e requisitos, apresentados no Quadro 22, permite observar que o desempenho das argamassas ACII, ACIII e ACIII Mármore e Granitos foi satisfatório em relação aos ensaios de tempo em aberto e resistência à tração. No que se refere ao ensaio de deslizamento, é possível afirmar que apenas as argamassas ACIII e ACIII Mármore e Granitos obtiveram índices normativos, visto que o ensaio da argamassa ACII foi não conclusivo.

Ensaio	Argamassa	Requisitos NBR 14081-1	Resultados obtidos
Tempo em aberto	ACII	$\geq 20\text{min}$	$\geq 20\text{min}$
	ACIII	$\geq 20\text{min}$	$\geq 20\text{min}$
	ACIII Mármore e Granito	$\geq 20\text{min}$	$\geq 20\text{min}$
Resistência à tração	ACII	$\geq 0,5 \text{ MPa}$	1,0 MPa
	ACIII	$\geq 1,0 \text{ MPa}$	2,2 MPa
	ACIII Mármore e Granito	$\geq 1,0 \text{ MPa}$	2,1 MPa
Deslizamento	ACII	$\leq 2,0\text{mm}$	Não conclusivo
	ACIII	$\leq 2,0\text{mm}$	0,9mm
	ACIII Mármore e Granito	$\leq 2,0\text{mm}$	0,8mm

Quadro 22: Comparação dos requisitos e resultados obtidos.

Fonte: Autoria própria.

8.5. PESQUISA DE MERCADO

Para determinar o custo médio do saco das argamassas colantes ensaiadas foram consultadas quatro lojas de materiais de construção da região de Curitiba. As lojas 1 e 3 são localizadas na região central, enquanto a loja 2 fica situada no bairro Rebouças e a loja 4 na região do Bacacheri. Os preços apresentados no Quadro 23, referem-se a sacos de 20Kg, no mês de dezembro de 2016 no varejo.

	Loja 1	Loja 2	Loja 3	Loja 4
ACII	R\$ 19,50	R\$ 21,90	R\$ 17,90	R\$ 19,10
ACIII	R\$ 40,00	R\$ 39,90	R\$ 38,90	R\$ 38,90
ACIII Mármore e Granitos	R\$ 81,94	R\$ 58,00	R\$ 64,00	R\$ 71,90

Quadro 23: Preços dos sacos de argamassa 20 Kg

Fonte: Autoria própria

Pelos valores encontrados obteve-se, por média simples, o custo médio dos sacos de argamassa, conforme apresentado no Quadro 24.

	Preço Médio
ACII	R\$ 19,60
ACIII	R\$ 39,43
ACIII Mármore e Granitos	R\$ 68,96

Quadro 24: Preço médio dos sacos de argamassa 20 Kg

Fonte: Autoria própria

Verifica-se que, em relação a argamassa ACIII para mármore e granitos, as argamassas ACII e ACIII representam um custo menor de 71,57% e 42,82% respectivamente.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo dessa pesquisa foi indicar qual argamassa colante industrializada, em relação às argamassas definidas no escopo deste trabalho, possuía melhor custo benefício para o assentamento de granito.

Sendo a construção civil destino final para mais de 70% da produção de rochas ornamentais, torna-se necessário analisar de forma pontual o desempenho do assentamento em relação à cada aplicação, e levando em consideração o local, particularidades e o tipo de esforço ao qual está submetido.

Os resultados obtidos se limitam a este trabalho, especificamente neste estudo de caso e com os materiais e ensaios descritos, qualquer outro estudo de caso deve levar em consideração suas condições particulares e é aconselhado a realização de novos ensaios.

Em relação ao ensaio de resistência de aderência à tração, todas as três argamassas ensaiadas obtiveram mais do dobro da resistência mínima requerida em norma, tendo a argamassa ACIII o maior valor da tensão de aderência que o revestimento suporta (2,2MPa). Além disso, 100% das amostras tiveram a ruptura na interface argamassa-substrato o que possibilita afirmar que os valores das resistências de aderência à tração das argamassas são ainda maiores que os valores de rupturas observados.

Os resultados obtidos através do ensaio de deslizamento foram inconclusivos para a argamassa ACII, tendo em vista sua susceptibilidade ao deslocamento em relação às demais argamassas. Quando comparados, os resultados referentes às argamassas ACIII e ACIII específica são bem próximos, 0,9mm e 0,8mm, respectivamente.

O ensaio de tempo em aberto indica o intervalo máximo de tempo, após extensão dos cordões de argamassa, em que as placas ainda podem ser assentadas dentro dos critérios estabelecidos em norma, propriedade fundamental para assentamento em condições desfavoráveis. Os resultados dos ensaios indicam que as 3 argamassas possuem tempo em aberto maior que 20 minutos, ou seja,

após a abertura dos cordões, o aplicador ainda possui mais de 20 minutos para realizar o assentamento das peças, garantindo o desempenho normativo.

Comparando os resultados obtidos nos três ensaios e na pesquisa de mercado realizada na cidade de Curitiba, pode-se concluir que para assentamentos no sentido horizontal, como por exemplo em pisos, todas as argamassas ensaiadas enquadraram-se nos critérios mínimos da norma, já que para esse tipo de aplicação não é necessário lançar mão da propriedade de deslizamento das argamassas. Também é possível concluir que o tipo ACII é o mais indicado para essa utilização, pois a escolha desta argamassa, que obteve índices superiores aos requisitos de uma argamassa ACIII, geraria uma economia de cerca de 43% por saco de 20kg em relação ao preço da argamassa ACIII.

Para assentamento vertical, comumente realizado em revestimentos de fachada, o ensaio de deslizamento possui importância fundamental, critério este que descarta imediatamente a utilização da argamassa do tipo ACII. Em comparação, as argamassas ACIII e ACIII específica possuem desempenho muito semelhantes, entretanto justifica-se a utilização da argamassa ACIII devido a economia de cerca de 72% que esta gera quando comparada com a argamassa ACIII específica.

Indicar qual argamassa possui melhor custo benefício para o assentamento de granito não pode ser feita de maneira direta, ou observando superficialmente os resultados ensaiados, é preciso ter consciência e levar em consideração o tipo de aplicação e às condições e esforços a que o assentamento está sujeito. Especificamente neste estudo de caso, observou-se que a argamassa ACII é a que possui melhor custo benefício para assentamentos do tipo horizontal enquanto a argamassa ACIII é a mais indicada para assentamentos verticais.

10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Semestre de 2015**. Informe nº 06/2015. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/3541/Informe_06_2015.pdf>. Acessado em 08/08/2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1:2012 – Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas, Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-2:2012 – Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas, Parte 2: Execução do Substrato-Padrão e aplicação da argamassa para ensaios**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-3:2012 – Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas, Parte 3: Determinação do Tempo em Aberto**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-4:2012 – Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas, Parte 4: Determinação da Resistência de Aderência à Tração**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-5:2012 – Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas, Parte 5: Determinação do Deslizamento**. Rio de Janeiro, 2012.

ALMEIDA *et al.*, Ana H. Análise do Comportamento da Argamassa Colante em Função da Técnica de Aplicação. **In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, Goiânia-GO, 1995. Anais... Goiânia: UFG/ANTAC, 1995, p. 187-192

ÂNGULO *et al.*, Sérgio C. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. PCC – São Paulo, 2001. 13.f. Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acessado em 20/11/2016

AQUINO, Reginaldo R. **Avaliação da Radioatividade Natural em Mármore e Granitos Comerciais do Estado do Espírito Santo**. 2015, 117f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ASSIS, Luiz E. A. **Análise de Patologia em Revestimento de Fachada com Placas de Granito Branco Caravelas**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – Curso Superior de Avaliações e Perícias de Engenharia. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2012.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C 615 – Standard Specification for Granite Dimension Stone**. West Conshohocke, 2007

CHIODI, Cid F. **Balanço das Exportações Brasileiras de Rochas Ornamentais e de Revestimento**. São Paulo: Abirochas, 2007.

CHIODI FILHO, Cid. **Síntese das Exportações Brasileira de Rochas Ornamentais em 2007**. São Paulo: Abirochas, 2008, Informe 22/2009.

CHIODI FILHO *et al.*, Cid. Panorama Técnico-Econômico do Setor de Rochas Ornamentais no Brasil. **Geociências**, São Paulo, v. 23, n. ½, p. 5-20. 2004, ISSN 1980-900X

COSTA *et al.*, Marianne R. M. M. Análise Comparativa de Argamassas Colantes de Mercado e seu Comportamento Reológico. **In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**, 2005, Florianópolis-SC. Anais... Florianópolis: SBTA, 2005.

COSTA E SILVA. Antônio J. **Descolamentos nos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade de Recife**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.

DIAS *et al.*, Fábio R. **Rochas Ornamentais: Manual de Caracterização, Aplicação, Uso e Manutenção das Principais Rochas Comerciais do Espírito Santo**. 1. ed. Cachoeiro do Itapemirim. Espírito Santo: IEL – Instituto Euvaldo Lodi, 2013. V. 1. 244 p.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos: Estudos e Procedimentos de Execução**. São Paulo: PINI, 1994, 221p.

FRASCÁ, Maria H. B. O. **Estudos Experimentais de Alteração Acelerada em Rochas Graníticas para Revestimento**. 2003, 282f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hifrogeologia) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FRAZÃO, Ely B.; FARJALLAT, José Eduardo S. Características Tecnológicas das Principais Rochas Silicáticas Brasileiras Usadas como Pedras de Revestimento. **In: Congresso Internacional da Pedra Natural**, 1996, Portugal, Anais... Lisboa, 1995.

FRAZÃO, Ely B.; FARJALLAT, José Eduardo S. Seleção de Pedras para Revestimento e Propriedades Requeridas. **Rochas de Qualidade**, São Paulo, n. 124, 1995-1996, ISSN 0102-4531.

GRILLO, Karin V. F. **Análise Comparativa da Aderência de Tipos Rochosos Assentados com Três Argamassas**. 2010. 187f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

IAMAGUTI, Ana P. S. **Manual de Rochas Ornamentais para Arquitetos**. 2001, 318f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Instituto de Geociências Exatas. Rio Claro, 2001.

INTAS, Lauren C. **Estudo de Caso: Análise de Patologias Estruturais em Edificação de Gestão Pública**. 2010. 58f. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ITC - INSTITUTO DE TECNOLOGIA CERAMICA. **Colocacion de pavimentos e revestimientos ceramicos**. Barcelona, Ministério de Industria y Energia. Direccion General de Minas y de la Construcción. 1994.

KUDO *et al.*, Elisabete K. Avaliação de Argamassas Colantes por Reometria Rotacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 125-137. 2013, ISSN 1678-8621.

MARANHÃO, Flávio L.; BARROS, Mercia M. S. B. **Causas de Patologias e Recomendações para a Produção de Revestimentos Aderentes com Placas de Rocha**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Boletim Técnico BT/PCC/421, 24p, 2006 ISSN 0103-9830.

MARANHÃO, Flávio L. **Patologias em Revestimentos Aderentes com Placas de Rocha**. 2002. 157f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MARANHÃO *et al.*, Flávio L. Influência do Tipo de Argamassa Colante e do Revestimento na Microestrutura e na Resistência de Aderência. **In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, 2003, São Paulo-SP. Anais... São Paulo: SBTA, 2003.

MELLO *et al.*, Ivan S. de C. **A Cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais e para Revestimento no Estado de São Paulo: Diretrizes e Ações para Inovação e Competitividade**. 1. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. v. 1. 192 p.

MOURA *et al.*, Antônio C. **Granitos e Rochas Similares de Portugal**. 1. ed. Lisboa: IGM Editora, 2000. v. 1. 179 p.

NOGAMI *et al.*, Lizandra. Estudo da Aderência de Placas de Rochas Ornamentais com Argamassa Colante. **Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia**, São Carlos, v. 5, n. 1, p. 45-52. 2008.

NOGAMI *et al.*, Lizandra. Estudo da Influência Mineralógica e dos Componentes da Argamassa na Fixação de alguns “Granitos”. **In: XXIII Simpósio de Geologia do Nordeste**, 2009, Fortaleza-CE. Anais... Fortaleza: CETEM, 2009.

NOGAMI, Lizandra. **Fixação de Placas de Rochas Ornamentais: Estudo da Aderência com Argamassa Colante**. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PAPO, Adriano, PIANI Luciano. Effect of Various Superplasticizers on the Rheological Properties of Portland Cement Pastes. **Cement and Concrete Research**, Udine-Itália, v.34, p. 2097-2101. 2004.

SILVA, Cláudio O. **Análise Crítica dos Requisitos e Critérios de Qualidade da Argamassa Colante**. 2003. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA *et al.*, Suely Andrade. Patologias em Placas Pétreas de Revestimentos Externos na Região Litorânea do Recife. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 18, n. 1, p. 66-74. 2008, ISSN 1980-8208.

SOSSAI, Fabiano J. M. **Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais**. 2006. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.