

# AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS PROJETADOS MANUALMENTE E MECANICAMENTE – ESTUDO DE CASO

Heloisa Zanelatto Scussel (1), Elaine Guglielmi Pavei Antunes (2);

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)heloisascussel@hotmail.com, (2)elainegpa@unesc.net

## RESUMO

A forma de projeção manual de argamassa de revestimento é considerada o sistema de produção tradicional no Brasil, no entanto, apesar do grande uso, apresenta baixa produtividade, altos percentuais de perda, variabilidade e problemas na qualidade do produto final. A resistência de aderência da argamassa de revestimento com projeção manual torna-se dependente da energia de lançamento da mão de obra humana e, tal fato, pode acarretar em falhas no sistema de revestimento das edificações. O sistema de projeção mecânica refere-se à aplicação da argamassa por meio de equipamento e, portanto, padroniza a energia de lançamento. Essa pesquisa trata-se de um estudo de caso, referente à avaliação da resistência de aderência à tração de revestimentos argamassados com projeção manual e mecânica em distintos substratos e também em diferentes alturas. Para tanto, fez-se necessária caracterização no estado fresco e no estado endurecido das argamassas com projeção manual e mecânica. Os resultados dos ensaios demonstraram, conforme este estudo de caso, que as argamassas com projeção manual apresentaram maior teor de ar incorporado, menor absorção de água e coeficiente de capilaridade, maior resistência à tração na flexão e compressão axial. A argamassa manual foi a única a apresentar valor de resistência de aderência médio acima do limite mínimo estabelecido pela ABNT NBR 13749: 2013. A altura que influenciou nos resultados de aderência foi de 180 cm, no entanto, em apenas um caso. Com base na análise dos desvios padrões, em relação às alturas, tem-se maior variabilidade da argamassa manual. No ensaio de resistência de aderência à tração houve rupturas do tipo coesiva e adesiva.

*Palavras-Chave: Argamassa de Revestimento, Projeção Manual, Projeção Mecânica, Resistência de Aderência.*

## 1 INTRODUÇÃO

Para Malagoni e Scartezini (2013), as argamassas são de grande uso na construção civil. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira (NBR) 13281:2005 define argamassa como: “Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de

aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.  
As argamassas são utilizadas na construção civil, principalmente como argamassas de assentamento e revestimento. Para revestimento de paredes e tetos temos a argamassa de chapisco, emboço, reboco, de camada única e para revestimento decorativo (CARASEK, 2007).

Os processos de elaboração das argamassas de revestimento, utilizados com maior frequência no Brasil, para o emprego nas construções são: argamassa preparada em obra, argamassa industrializada em saco, argamassa preparada em central e argamassa industrializada em silo (PARAVISI, 2008). Ainda, segundo autora, a aplicação da argamassa de revestimento pode ser de forma mecânica ou manual.

Para Paravisi (2008) a aplicação manual pode ser considerada o sistema tradicional de produção no Brasil, mas apesar da grande utilização de revestimentos com aplicação manual de argamassa no país, sua produção ainda apresenta baixos índices de produtividade, elevados percentuais de perda, alta variabilidade e problemas de qualidade. Tais problemas prejudicam o desempenho e a qualidade do produto final e está relacionado ao fato das empresas não investirem em projeto, planejamento e controle.

Observam-se muitas falhas nos revestimentos de argamassa com projeção manual, falhas estas que resultam no aparecimento de manifestações patológicas, principalmente nas paredes das fachadas, pois as mesmas estão mais sujeitas as movimentações devido às variações térmicas e higroscópicas, segundo Costa (2005). Ainda para a autora, o surgimento de manifestações patológicas comprometem a estética da edificação e o desempenho mecânico deste elemento, e assim, ocasionam uma desvalorização do imóvel no mercado, além da insatisfação dos usuários e maiores gastos com manutenções e reparos.

Conforme Perez et al (2013) o processo de revestimento de argamassa de projeção manual ainda necessita da mão de obra humana e, dessa forma, tem-se altos índices de perdas e grande variabilidade na execução. Essa variabilidade na execução se deve, efetivamente, a variação da força de aplicação manual da argamassa no substrato (PARAVISI, 2008).

Segundo Antunes (2005) a projeção manual apresenta energia bastante variável, pois o trabalhador não faz os lançamentos com a mesma velocidade. Antunes e John (2007) em sua pesquisa verificam que a velocidade empregada pela mão de obra varia, de 2,5 m/s a 15 m/s. Conforme os mesmos autores, essa variabilidade na energia de impacto do produto ao substrato resulta em interferências na resistência de aderência à tração da argamassa na base.

O sistema de projeção mecânica trata-se da aplicação de argamassa através de equipamentos de projeção, contra uma superfície a ser protegida ou recuperada (PEREZ, et al 2013). A projeção mecânica se mostra interessante, pois padroniza a energia de lançamento da argamassa, resultando em um produto mais homogêneo. (FERNANDES; JOHN 2007).

Para Antunes e John (2007) o lançamento de argamassas de forma mecânica tem como objetivo lançar argamassas de revestimento com energia controlada, minimizando a variabilidade dos resultados de aderência pela diminuição da interferência do operador na aplicação das argamassas.

Uma tendência observada no mercado internacional é a mudança do sistema de aplicação manual de argamassas de revestimento pela projeção mecânica. Tal fato se deve a mecanização da produção resultar um aumento da produtividade e redução da variação da energia de lançamento do produto ao substrato, em comparação à aplicação manual (FERNANDES; JOHN, 2007).

Segundo Duailibe et al (2005) é conferido uma maior compacidade da argamassa lançada por projeção, portanto, menor permeabilidade. O fato se deve que a energia de aplicação resulta na diminuição de vazios, influenciando também na resistência de aderência da argamassa (FERNANDES; JOHN, 2007).

As propriedades de trabalhabilidade, especialmente consistência, plasticidade e adesão inicial; retração; aderência; permeabilidade à água; resistência mecânica, principalmente a superficial; capacidade de absorver deformações são características essenciais ao bom desempenho das argamassas de revestimento (CARASEK, 2007).

A aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco, das características da base de aplicação e da superfície de contato entre a argamassa e

a base. Há chances de ter uma maior extensão de aderência da argamassa quando lançada por projeção mecânica, pois a pressão utilizada para o lançamento é maior do que a comparada pelo lançamento manual (DUAILIBE et al. 2005).

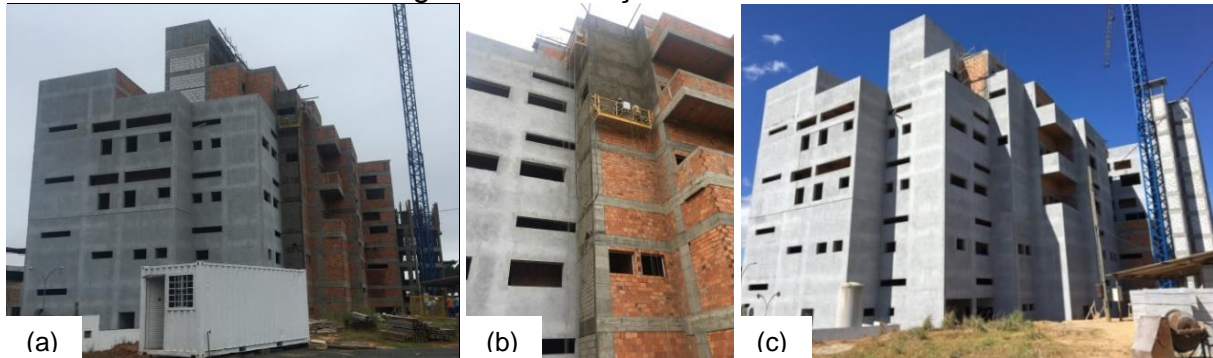
Duailibe et al (2005) em seus estudos comprova que a argamassa projetada mecanicamente resulta uma resistência de aderência à tração em média 55% maior se comparada com a argamassa lançada manualmente. Também se observa uma melhora na permeabilidade à água em média de 85%.

Essa pesquisa trata-se de um estudo de caso que tem como objetivo avaliar a resistência de aderência de revestimentos argamassados projetados manualmente e mecanicamente, em distintos substratos e, também, em diferentes alturas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho analisa dois métodos de projeção de revestimentos argamassados, utilizados por uma construtora da região – estudo de caso, em uma edificação comercial com 10 pavimentos, localizada no Bairro Próspera, Criciúma – SC, com área de construção de aproximadamente 6.000,00m<sup>2</sup>. A Figura 1 apresenta a edificação em estudo, sendo que a Figura 1, (a) e (b) antecedem a Figura 1 (c) em três meses. Salienta-se que o revestimento argamassado externo foi com projeção mecânica. Conforme dados repassados pela construtora, a produtividade do revestimento projetado mecanicamente é de aproximadamente 0,40 horas/m<sup>2</sup>, enquanto com a projeção manual é de 0,71 horas/m<sup>2</sup>, fato este que demonstra um maior rendimento no quesito produtividade dos revestimentos projetados mecanicamente.

Figura 1: Edificação em estudo.



Fonte: Autora, 2017

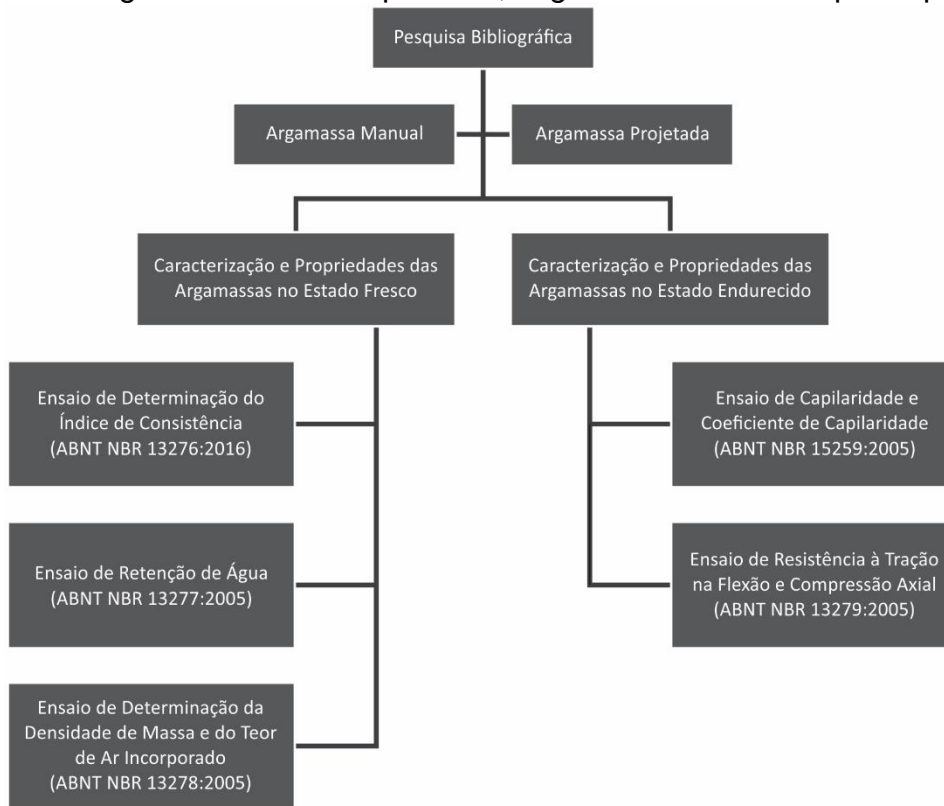
Esta pesquisa realiza-se em cinco etapas, sendo que a primeira consiste em pesquisa bibliográfica sobre a argamassa de revestimento, principalmente nas formas de aplicação, manual e projetada. A segunda etapa trata-se da caracterização das argamassas no estado fresco, para qual, realizou-se o ensaio de verificação do índice de consistência, conforme descrito na ABNT NBR 13276:2016, ensaio de retenção de água ABNT NBR 13277:2005 e a determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, conforme ABNT NBR 13278:2005.

Posteriormente, a terceira etapa refere-se à caracterização das argamassas em estado endurecido, para tal faz-se à realização dos ensaios de capilaridade e coeficiente de capilaridade de acordo com a ABNT NBR 15259:2005, e ensaio de resistência à tração na flexão e compressão axial, segundo a ABNT NBR 13279:2005.

Na quarta etapa fez-se o ensaio da determinação da resistência de aderência à tração, segundo ABNT NBR 13528:2010 para análise de resistência das argamassas em diferentes substratos e alturas. A quinta e última etapa aborda os resultados dos ensaios.

A Figura 2 apresenta as três primeiras etapas e a Figura 3 apresenta a quarta e quinta etapa da pesquisa.

Figura 2: Fluxograma referente à primeira, segunda e terceira etapa da pesquisa.



Fonte: Autora, 2017

Figura 3: Fluxograma referente a quarta e quinta etapa da pesquisa.



Fonte: Autora, 2017

## 2.1 MATERIAIS

Contém informações pertinentes a respeito das argamassas com aplicação manual e mecânica e descreve os substratos utilizados nessas aplicações, parede em blocos cerâmicos e parede em blocos de concreto celular.

### 2.1.1 Argamassas

As argamassas foram coletadas no local da obra e transportadas para o Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) e Laboratório de Ensaios Mecânicos (LEM), do Instituto de Engenharia e Tecnologia da Universidade do Extremo Sul Catarinense (IDT/UNESC) para realização dos ensaios do estado fresco e moldagem dos Corpos de Prova (CPs) para os ensaios do estado endurecido.

#### 2.1.1.1 Argamassa com Projeção Manual

A Argamassa com Projeção Manual (AM) é usinada e seu transporte se dá por meio de caminhão betoneira ao canteiro de obras, conforme Figura 4, (a) e (b).

Figura 4: (a) Caminhão betoneira. (b) Descarregamento da argamassa usinada.



Fonte: Autora, 2017

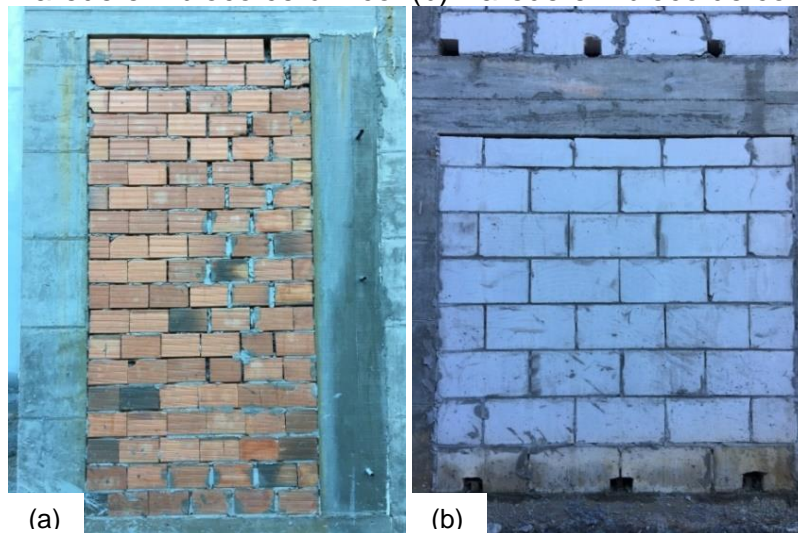
### 2.1.1.2 Argamassa com Projeção Mecânica

A Argamassa com Projeção Mecânica (AP) apresenta-se em pó, em pacotes de 50 kg. É indicada para áreas internas e externas, conforme fabricante. Trata-se de uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados minerais com distribuição granulométrica controlada e aditivos químicos. Sua mistura é feita diretamente na máquina de projeção e necessita apenas da adição de água para uso.

### 2.1.2 Substratos

Utilizou-se duas paredes externas da edificação para aplicação dos revestimentos argamassados, uma com blocos cerâmicos, com dimensão dos blocos de 14 x 19 x 24 cm e outra com blocos de concreto celular, com dimensão dos blocos de 15 x 30 x 60 cm, conforme Figura 5 (a) e (b), respectivamente.

Figura 5: (a) Parede em bloco cerâmico. (b) Parede em bloco de concreto celular.

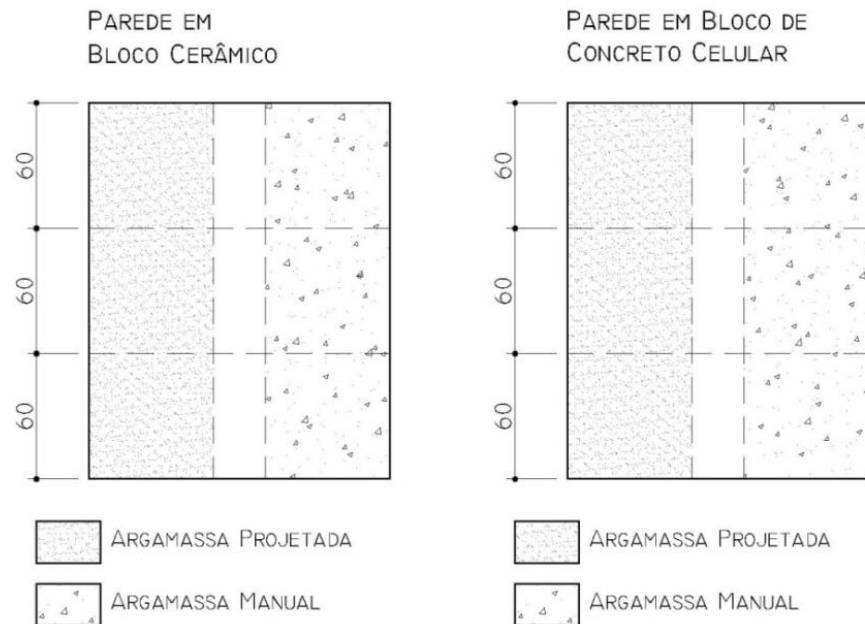


Fonte: Autora, 2017

Cada parede foi dividida na sua largura em duas faixas com uma separação central para demarcação da aplicação das diferentes argamassas e na altura a cada 60 cm para análise da resistência de aderência à tração em diferentes alturas de aplicação, conforme croqui apresentando na Figura 6.



Figura 6: Croqui esquemático paredes.



Fonte: Autora, 2017

## 2.2 MÉTODOS

Refere-se aos ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco, no estado endurecido e ensaio da resistência de aderência à tração.

### 2.2.1 Caracterização das Argamassas no Estado Fresco

#### 2.2.1.1 Ensaio de Determinação do Índice de Consistência

O ensaio para verificação do índice de consistência foi realizado segundo ABNT NBR 13276:2016. Aplicam-se golpes nas argamassas sobre a mesa de consistência (*flow table*), através da queda e subida da mesa. Após aplicação dos golpes, são feitas medições do espalhamento do molde tronco-cônico inicial. O índice de consistência corresponde a uma média de três medidas de diâmetro do espalhamento da argamassa.

### **2.2.1.2 Ensaio de Retenção de Água**

O ensaio de retenção de água foi executado conforme ABNT NBR 13277:2005 e constitui-se em determinar a quantidade de água retirada de uma porção de argamassa contida em um funil de filtragem (*funil de Büchner modificado*), após sucção realizada por meio de uma bomba de vácuo a baixa pressão.

### **2.2.1.3 Ensaio de Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado**

O ensaio de determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, de acordo com a ABNT NBR 13278:2005, se faz pela introdução das argamassas em um recipiente cilíndrico calibrado com capacidade aproximada de 400 cm<sup>3</sup>, fazendo-se medições das massas e volumes.

## **2.2.2 Caracterização das Argamassas no Estado Endurecido**

Foram moldados para cada mistura seis CPs prismáticos com dimensões de 4 cm x 4 cm x 16 cm, de acordo com a ABNT NBR 13279:2005. As desformas dos CPs da AP ocorreram após 48 horas, conforme norma ABNT NBR 1379:2005 especifica. Já para os CPs da AM a desforma ocorreu após 15 dias, conforme indicação do fabricante. Com idade de 28 dias, ocorreu a execução dos ensaios do estado endurecido.

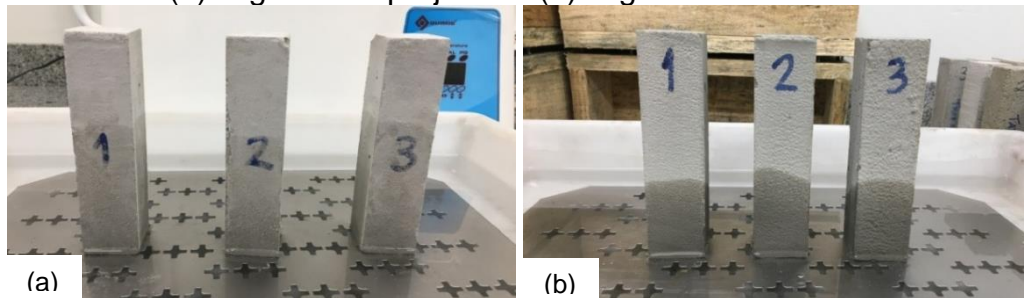
### **2.2.2.1 Ensaios de Capilaridade e Coeficiente de Capilaridade**

Realizados segundo a ABNT NBR 15259:2005, os ensaios de absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade consistem em deixar os corpos de prova posicionados em um recipiente contendo água a nível constante em  $(5 \pm 1)$  mm, conforme Figura 7. Para obter os resultados deste ensaio foi necessário medir para

cada corpo de prova a sua massa no tempo 0 minuto ( $m_0$ ), aos 10 minutos ( $m_{10}$ ) e aos 90 minutos ( $m_{90}$ ) de ensaio.

Figura 7: Ensaio de absorção de água por capilaridade.

(a) Argamassa projetada. (b) Argamassa manual.



Fonte: Autora, 2017

### 2.2.2.2 Ensaio de Resistência à Tração na Flexão e Compressão Axial

Para realização dos testes de resistência à tração na flexão e compressão axial, seguiu-se a ABNT NBR 13279:2005. Para o ensaio de tração na flexão fez-se uso da prensa hidráulica EMIC DL10000, aplicando-se aos CPs uma carga de  $(50 \pm 10)$  N/s até a ruptura. Com três metades dos CPs do ensaio da tração na flexão, fez-se o ensaio de compressão axial com a prensa hidráulica EMIC PC200CS, aplicando-se aos CPs uma carga de  $(500 \pm 50)$  N/s até a ruptura.

### 2.2.3 Ensaio de Determinação da Resistência de Aderência à Tração

Para fim de compreensão as argamassas e seus substratos serão referenciados por meio das seguintes siglas neste ensaio: Argamassa com Projeção Manual em Bloco Cerâmico (AMCer), Argamassa com Projeção Manual em Bloco de Concreto Celular (AMCon), Argamassa Projetada em Bloco Cerâmico (APCer) e Argamassa Projetada em Bloco de Concreto Celular (APCon).

As argamassas foram aplicadas nos substratos em camada única com espessura média de 15 mm, conforme forma usual de aplicação da construtora, apesar da ABNT NBR 13749:2013 sugerir para argamassa de revestimento em paredes externas espessura de 20 a 30 mm.

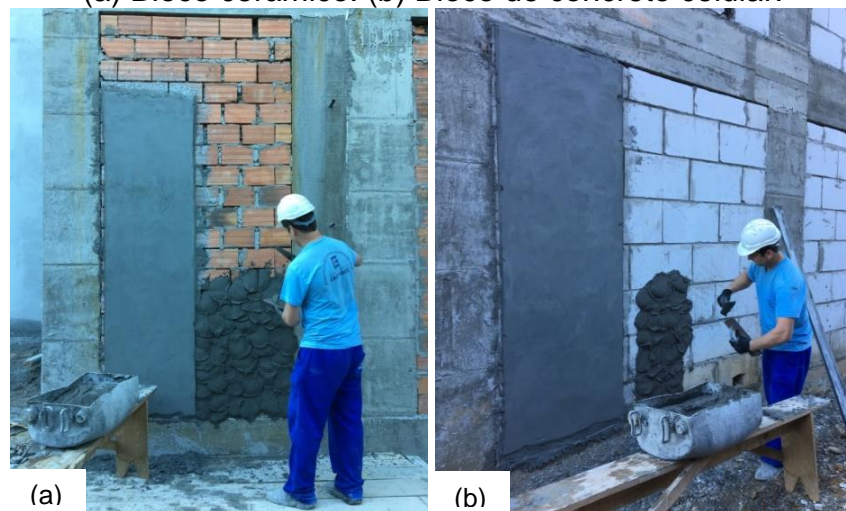
A aplicação das argamassas deu-se diretamente sobre as paredes, sem aplicação de chapisco e a avaliação dos testes fez-se pela análise direta do revestimento com a base, conforme Figura 8 e Figura 9 demonstram.

Figura 8: Aplicação da argamassa com projeção mecânica.  
(a) Bloco cerâmico. (b) Bloco de concreto celular.



Fonte: Autora, 2017

Figura 9: Aplicação da argamassa com projeção manual.  
(a) Bloco cerâmico. (b) Bloco de concreto celular.

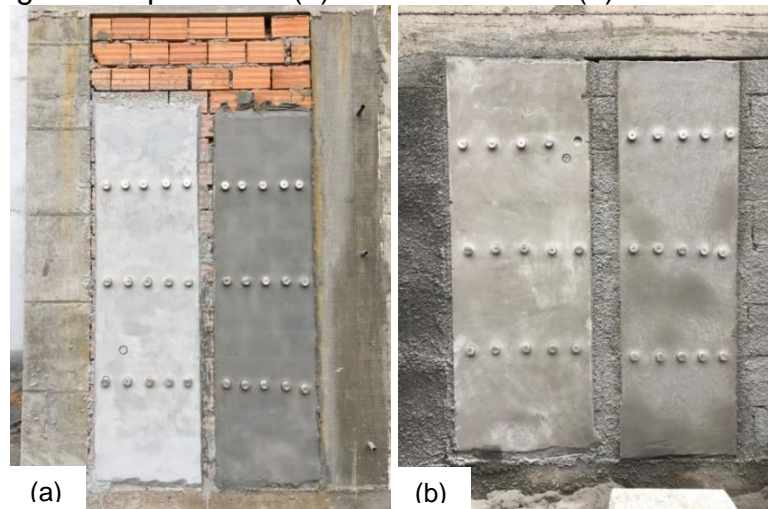


Fonte: Autora, 2017

O ensaio aderência à tração seguiu as prescrições da ABNT NBR 13528:2010. Após 28 dias da aplicação das argamassas nas paredes, foi feito corte com serra copo, a seco, e a colagem das pastilhas nos revestimentos argamassados com cola epóxi.

É importante mencionar que os CPs não foram colados de forma aleatória, conforme diretrizes da ABNT NBR 13528:2010, a colagem ocorreu de forma alinhada, cinco CPs a cada 60 cm de altura, conforme Figura 10 expõe, sendo 15 CPs em cada argamassa e substrato, totalizando 60 CPs neste ensaio. Após 48 horas da colagem das pastilhas realizou-se o teste de arrancamento.

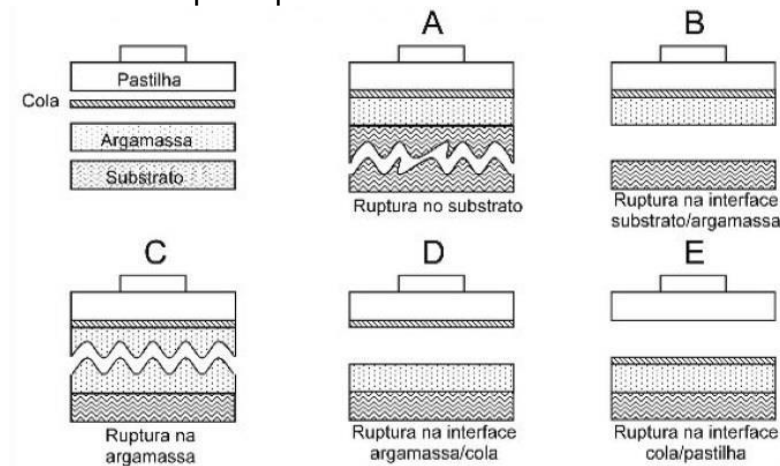
Figura 10: Colagem das pastilhas. (a) Bloco cerâmico. (b) Bloco de concreto celular.



Fonte: Autora, 2017

Para análise da forma da ruptura dos corpos de prova, a norma ABNT NBR 13528:2010, determina que seu resultado deva ser expresso em porcentagem. A Figura 11 apresenta como elas podem ocorrer para sistema sem chapisco.

Figura 11: Formas de ruptura para um sistema de revestimento sem chapisco.



Fonte: ABNT NBR 13528, 2010.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados os ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco e endurecido a fim de avaliá-las, tendo em vista que não se detinha a composição dos traços das argamassas. Cabe salientar que muitos dos possíveis fatores que possam influenciar nos resultados dos ensaios desta pesquisa, aponta-se a relação água/cimento (A/C), tipos e quantidades de materiais e aditivos utilizados nas argamassas, elementos desconhecidos nesta pesquisa.

Fez-se análise estatística para verificação das diferenças significativas dos resultados obtidos. Para os ensaios com três ou mais variáveis adotou-se a Análise de Variância (ANOVA) e validando sua variância fez-se teste de Tukey para analisar onde estava a diferença. Para os ensaios com duas variáveis fez-se Teste de Hipótese de Comparação de Média Com Variâncias Desiguais (THCM). Todas as análises conferem 95% de confiabilidade.

#### 3.1 ENSAIO DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

O índice de consistência serve para medir a facilidade de se trabalhar com as argamassas no estado fresco. Os resultados para o ensaio da verificação estão apresentados na Tabela 1. Ambas as argamassas não seguem as diretrizes especificadas na ABNT NBR 13276:2016 que indica consistência de  $260 \pm 5$  mm.

Tabela 1: Resultados do ensaio de índice de consistência.

Tipo	Medição	Índice de Consistência (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)
Argamassa com Projeção Manual	1	279	280	3,61
	2	284		
	3	277		
Argamassa com Projeção Mecânica	1	282	281	1,00
	2	281		
	3	280		

Fonte: Autora, 2017

Após realizar-se o THCM, pode-se afirmar que as médias não são significativamente diferentes entre si, desta forma, ambas as misturas apontam o mesmo índice de consistência. As argamassas em questão apresentaram-se de forma homogênea e coesa e foram consideradas de fácil aplicação.

### 3.2 ENSAIO DE RETENÇÃO DE ÁGUA

A retenção de água está associada à capacidade da argamassa fresca manter sua consistência ou trabalhabilidade quando submetida a solicitações que provocam perda de água, seja por evaporação ou pela absorção de água da base (CARASEK, 2007). Segundo Cincotto et al (1995) além de determinar as condições de manuseio da argamassa no estado fresco, essa propriedade influi também sobre as propriedades no estado endurecido, pois a retenção de água altera as condições de contato da argamassa com o substrato agindo sobre a retração de secagem, resistência mecânica e aderência do revestimento.

O valor de retenção de água, obtido no ensaio realizado conforme a ABNT NBR 1377:2005, para a AM foi 92,57 %, seguindo de acordo com valores informados pelo fabricante. Já para a AP, o valor de retenção foi 90,47 %, ficando acima dos limites informados pela ficha técnica do produto.

De acordo com a ABNT NBR 13281:2005, as argamassas ensaiadas estão entre a classe U3 (intervalo de 80 a 90 %) e U4 (intervalo de 86 a 94 %) e ambas atendem o menor valor apresentado pela norma.

### 3.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA E DO TEOR DE AR INCORPORADO

A densidade das argamassas depende principalmente da massa específica do agregado miúdo e do teor de ar incorporado na massa. No caso de aplicação manual da argamassa, quanto mais leve será mais trabalhável ao longo prazo, pois reduz o esforço na aplicação (CARASEK, 2007).

A Tabela 2 apresenta os valores de determinação de densidade de massa e o teor de ar incorporado das argamassas analisadas, obtidos conforme a ABNT NBR 13278:2005.

Tabela 2: Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado.

Tipo	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de Ar Incorporado (%)
Argamassa com Projeção Manual	1,67	23,72
Argamassa com Projeção Mecânica	1,86	13,17

Fonte: Autora, 2017

As argamassas quanto à densidade no estado fresco podem ser classificadas, de acordo com Carasek (2007) como leves, pois estão em um intervalo de  $2,30 < d < 1,40$  g/cm<sup>3</sup>. Segundo ABNT NBR 13281:2005, a densidade de massa da AM está entre a classe D3 (intervalo de 1,40 a 1,80 g/cm<sup>3</sup>) e D4 (intervalo de 1,60 a 2,00 g/cm<sup>3</sup>), a AP está entre a classe D4 e D5 (intervalo de 1,80 a 2,20 g/cm<sup>3</sup>).

A AM apresenta aditivo incorporador de ar, conforme repassado pelo fabricante. Os incorporadores de ar, tradicionalmente diminuem a densidade. Segundo definição ABNT EB 1763: 1992, aditivos incorporadores de ar são produtos que incorporam pequenas bolhas de ar ao concreto.

### 3.4 ENSAIOS DE CAPILARIDADE E COEFICIENTE DE CAPILARIDADE

A permeabilidade é uma propriedade muito importante na durabilidade do revestimento, pois a penetração de umidade é uma das maiores causas da deterioração da construção (DUAILIBE et al. 2005). Segundo Paravisi (2008) a entrada de água nas fachadas pode gerar perdas de aderência, fissuras e desintegração. A penetração de água ocorre através de fissuras e também pela permeabilidade do material.

A Tabela 3 apresenta os valores de absorção de água por capilaridade e os coeficientes de capilaridade, obtidos através da ABNT NBR 15259:2005.



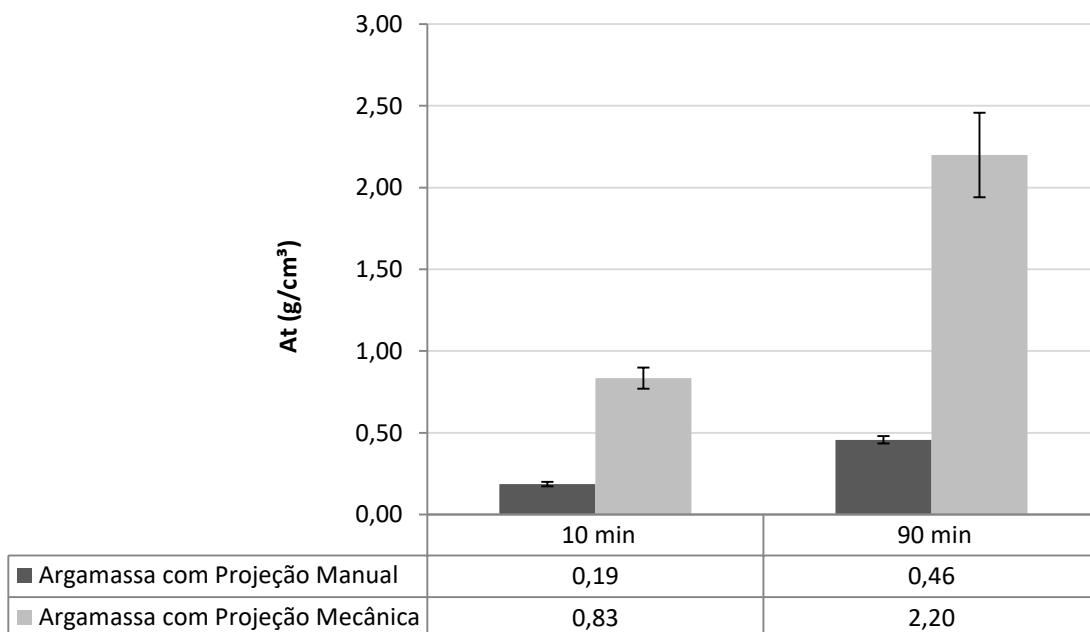
Tabela 3: Absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade.

Tipo	CP	At (g/cm <sup>2</sup> )		Coeficiente de Capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )
		10 min	90 min	
Argamassa com Projeção Manual	1	0,17	0,43	4,19
	2	0,19	0,46	4,32
	3	0,20	0,48	4,46
	<b>Média</b>	<b>0,19</b>	<b>0,46</b>	<b>4,32</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,14</b>
Argamassa com Projeção Mecânica	1	0,83	2,27	23,02
	2	0,77	1,91	18,23
	3	0,90	2,42	24,24
	<b>Média</b>	<b>0,83</b>	<b>2,20</b>	<b>21,83</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,06</b>	<b>0,26</b>	<b>3,18</b>

Fonte: Autora, 2017

A Figura 12 apresenta o gráfico da absorção de água para melhor visualização.

Figura 12: Absorção de Água por Capilaridade.



Fonte: Autora, 2017

Após realizar ANOVA, pode-se afirmar que há diferença significativa na absorção de água por capilaridade e no coeficiente de capilaridade entre AM e AP. Portanto,

pode-se afirmar que AP apresenta maior absorção de água e coeficiente de capilaridade que AM.

Uma provável influencia para a menor capilaridade da AM, tendo em vista seu maior teor de ar incorporado, pode ser a porosidade fechada. Conforme Rato (2006) há dois tipos de porosidade, a aberta e a fechada. Na primeira os poros são vinculados entre si, formando dessa forma uma rede contínua, o que facilita a absorção de fluídos. Na segunda os poros estão isolados no interior da argamassa, não havendo comunicação entre si, dificultando-se o transporte de água no interior da estrutura. Outro fator que pode interferir na absorção trata-se da relação A/C do traço. Segundo Mehta e Monteiro (2008), geralmente, quando a relação A/C é alta, tem-se uma porosidade capilar alta, portanto haverá um grande número de poros com conectividade entre si e seu coeficiente de permeabilidade será alto.

### 3.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO E COMPRESSÃO AXIAL

A Tabela 4 mostra os resultados de resistência à tração na flexão e compressão axial para cada argamassa.

Tabela 4: Resistência à tração na flexão e compressão axial.

Tipo	CP	Tração na Flexão (MPa)	Compressão Axial (MPa)
Argamassa com Projeção Manual	1	1,09	4,73
	2	1,62	4,25
	3	1,58	4,68
	<b>Média</b>	<b>1,43</b>	<b>4,55</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,30</b>	<b>0,26</b>
Argamassa com Projeção Mecânica	1	0,46	1,14
	2	0,57	1,49
	3	0,52	1,49
	<b>Média</b>	<b>0,52</b>	<b>1,37</b>
	<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,06</b>	<b>0,20</b>

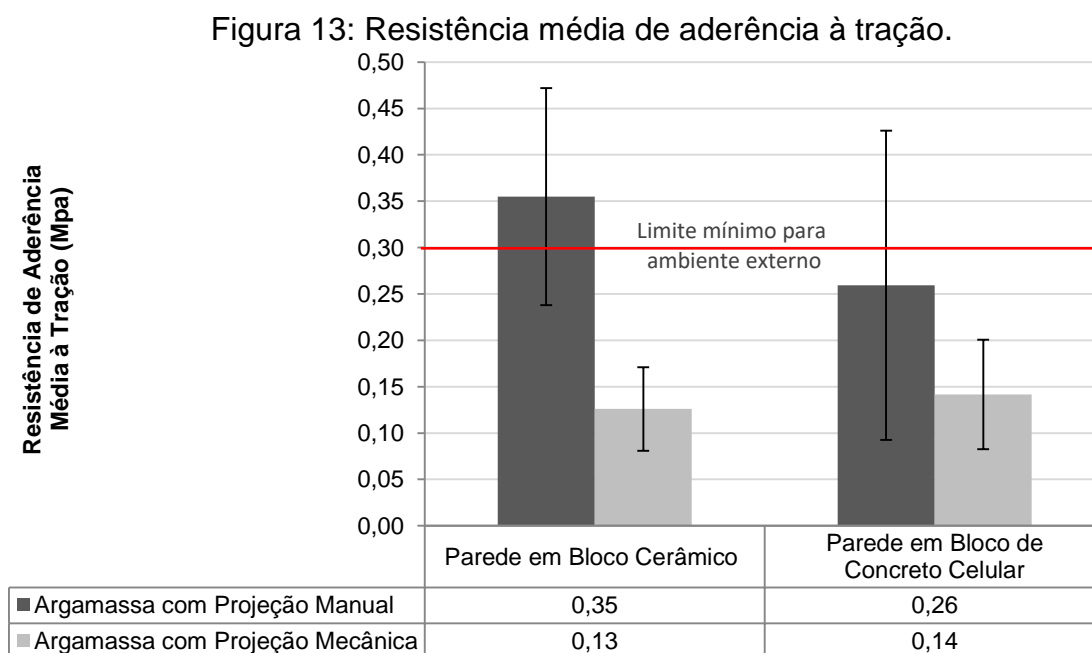
Fonte: Autora, 2017

Na análise das resistências a tração na flexão e compressão axial, a AM apresenta-se com valores maiores. Após realizar THCM, pode-se afirmar que as médias são significativamente diferentes, portanto confirmou-se que as resistências à tração na

flexão e compressão axial são maiores na AM. Conforme já mencionado, a AM apresentou teor de ar incorporado maior, porém a absorção por capilaridade menor, se comparada a AP pela suposta influencia de A/C e conectividade dos poros. Tal influencia também explicaria o fato das resistências da AM serem maiores a AP. Para Mehta e Monteiro (2008), normalmente existe uma relação inversa entre porosidade e resistência dos sólidos, porém a relação A/C também pode influenciar em aumento ou perda de resistências quando aplicado ar incorporado no sistema. Outro quesito que pode ser mencionado, a fim de justificar a resistência superior da AM em relação a AP, apesar de esta ter maior teor de ar incorporado, é que os poros oriundos da adição de incorporadores de ar, caracterizaram-se por vazios de pequenos diâmetros, fato este que não acarretaria em perdas de resistência.

### 3.6 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

O gráfico da Figura 13 apresenta os valores médios de resistência de aderência à tração, obtidos no ensaio realizado.



Fonte: Autora, 2017

É visto que na análise das médias, a AM apresentou valores maiores de resistência de aderência, se comparada a AP, indiferentemente do substrato. Um dos possíveis fatores a esta resistência de aderência superior a ser elencado pode ser devido à própria dosagem das argamassas, tendo em vista que a AM apresentou valores maiores para retenção de água, resistência à tração na flexão e compressão axial.

A AMCer apresentou resistência de aderência média de 0,35 MPa enquanto a APCer expressou valor médio de 0,13 MPa, desta forma, AMCer se enquadrou nas diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 13749: 2013, que determina limite mínimo de resistência de aderência a tração de 0,30 MPa para ambientes externos. A APCer não atinge tal limite estabelecido. Fazendo-se THCM, pode-se afirmar que há diferença significativa entre as amostras.

A AMCon apresentou resistência de aderência média de 0,26 MPa enquanto a APCon expressou valor médio de 0,14 MPa. Desse modo, as duas amostras se mostram abaixo do limite mínimo estabelecido pela ABNT NBR 13749: 2013. Fazendo-se THCM, pode-se afirmar que não se obteve diferença significativa entre as amostras pela análise estatística. Segundo Malagoni e Scartezini (2013) nota-se uma grande dificuldade das construtoras em atingir os valores mínimos de resistência de aderência normativos das argamassas de revestimento e uma grande variabilidade dos resultados deste ensaio.

Ainda, com base, na análise da Figura 12, especificamente substrato de bloco de concreto, percebe-se que o desvio padrão das resistências de aderência da AM são superiores ao da AP e, portanto, infere-se que essa maior variabilidade pode ser originada devido à variação de energia da força humana na projeção da argamassa.

### **3.6.1.1 Fator Altura**

A Tabela 5 apresenta os valores de resistências médias para aderência à tração nas alturas de 180 cm, 120 cm e 60 cm.

Tabela 5: Resistência média de aderência à tração – Fator altura.

Tipo	Resistência (Mpa)	Altura		
		180 cm	120 cm	60 cm
AMCer	Média	0,49	0,25	0,33
	Desvio Padrão	0,02	0,08	0,01
APCer	Média	0,13	0,13	0,12
	Desvio Padrão	0,04	0,03	0,06
AMCon	Média	0,26	0,24	0,27
	Desvio Padrão	0,25	0,08	0,07
APCon	Média	0,07	0,17	0,17
	Desvio Padrão	0,05	0,09	0,04

Fonte: Autora, 2017

Fazendo-se ANOVA, confirmou-se que as alturas das projeções não influenciaram nos valores de resistência de aderência à tração entre as AMCon, APCer e APCon, no entanto, influenciou a AMCer. Na AMCer, o Teste de Tukey demonstrou diferença significativa entre a altura de 180 cm perante as de 120 cm e 60 cm, sendo a primeira com maior resistência. Entre as alturas de 120 cm e 60 cm não houve diferença significativa, ou seja, essa diferença de altura não influenciou na resistência de arrancamento.

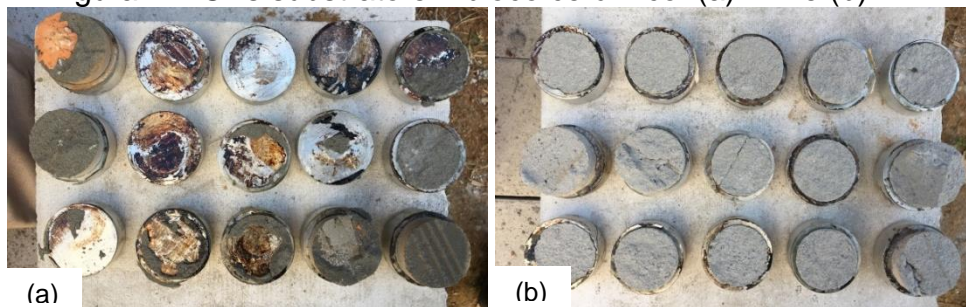
É importante mencionar, com base na análise dos desvios padrões, em relação às alturas, que na AM na altura de 180 cm houve maior variabilidade. Tal fato pode ser explicado pela influência da energia de lançamento do operador do produto ao substrato, na projeção manual. Como nota da ABNT 13528:2010 tem-se que “a ergonomia do operador durante a execução do ensaio, assim como o pedreiro durante a aplicação da argamassa pode contribuir com a variação dos valores de aderência”. A AP não apresentou influência da altura nos valores de resistência de aderência à tração, indiferente ao tipo de substrato. Portanto, comprovou-se que, por ser um equipamento mecânico, a energia de lançamento da argamassa não foi afetada pelo fator altura.

### 3.6.2 Forma de Ruptura

De acordo com Malagoni e Scartezini (2013), “a forma de ruptura é um aspecto tão importante quanto o valor da resistência de aderência obtido”. Segundo autores, as rupturas se dividem em adesivas e coesivas, sendo que a primeira ocorre na interface e a segunda no material. Deste modo, a ruptura no substrato/argamassa e argamassa/cola são do tipo adesivas, já a ruptura no substrato e na argamassa são do tipo coesiva. Para os autores, as rupturas na cola ou na cola/pastilha apresentam falha na execução do ensaio. Para tanto, seguiu-se tal diretriz para a exclusão destes ensaios na análise dos resultados. Dessa forma tem-se que AMCon e AMCer tiveram, respectivamente, sete e nove ensaios descartados por apresentarem falhas na cola. As APCon e APCer não apresentaram tal falha.

A Figura 14 apresenta os CPs arrancados na parede em bloco cerâmico, sendo (a) revestimento de projeção manual e (b) revestimento de projeção mecânica.

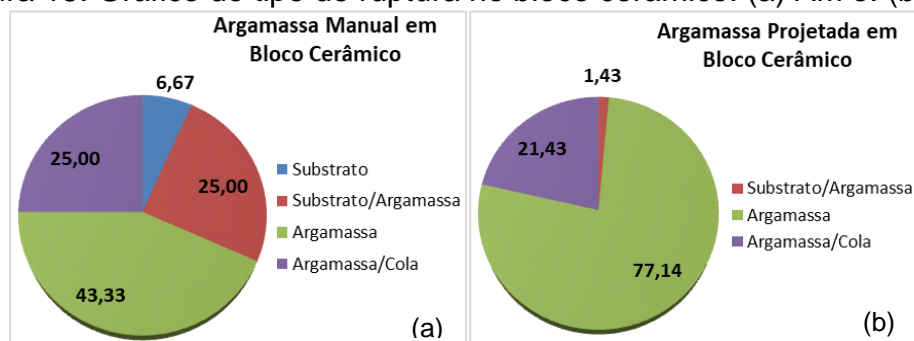
Figura 14: CPs substrato em bloco cerâmico. (a) AM e (b) AP.



Fonte: Autora, 2017

A Figura 15 demonstra os gráficos do tipo de ruptura das argamassas no substrato cerâmico, sendo (a) AM e (b) AP.

Figura 15: Gráfico do tipo de ruptura no bloco cerâmico. (a) AM e (b) AP

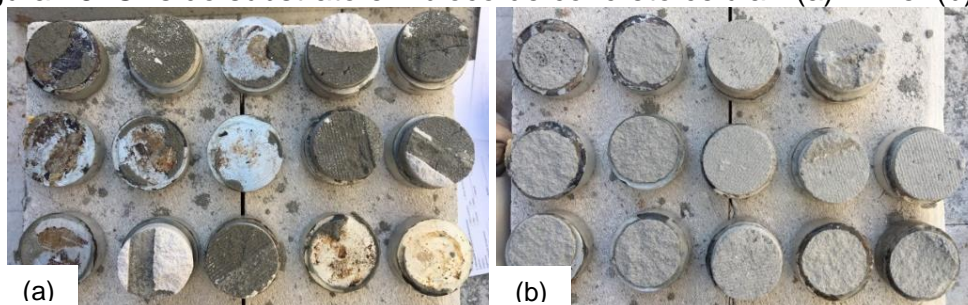


Fonte: Autor, 2017

A maioria dos rompimentos da AMCer, 43,33 %, se deram na argamassa, sendo essa ruptura do tipo coesiva. Avaliando-se o tipo de ruptura, juntamente com os valores de resistência de aderência média, 0,35 Mpa, tem-se um resultado acima do limite mínimo apontado na norma ABNT NBR 13749: 2013 e, portanto, não preocupante. Na APCer, 77,14 % dos rompimentos ocorreram na argamassa, por conseguinte, ruptura do tipo coesiva novamente, no entanto, analisando-se a resistência de aderência média de 0,13 Mpa, tem-se um resultado abaixo do limite mínimo normativo. Segundo Carasek (2010), quando a ruptura é coesiva os valores são menos preocupantes, a menos que as resistências sejam abaixo dos limites normativos, o qual foi o caso da APCer.

A Figura 16 apresenta os CPs arrancados na parede em bloco concreto celular, visto que (a) revestimento de projeção manual e (b) revestimento de projeção mecânica.

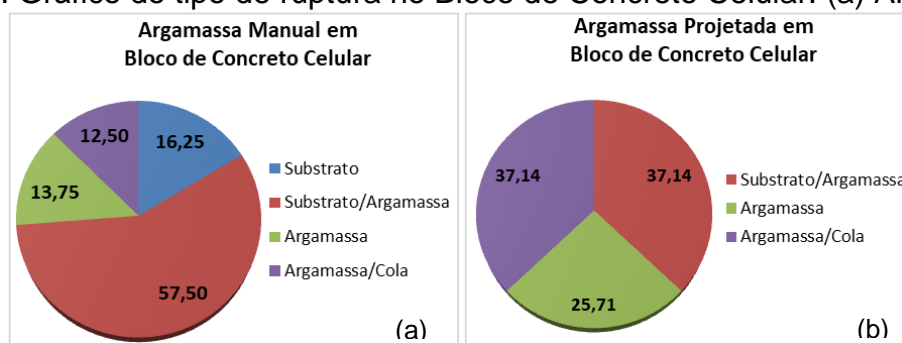
Figura 16: CPs do substrato em bloco de concreto celular. (a) AM e. (b) AP



Fonte: Autora, 2017

A Figura 17 mostra os gráficos do tipo de ruptura das argamassas no substrato de concreto celular. Em (a) AM e (b) AP.

Figura 17: Gráfico do tipo de ruptura no Bloco de Concreto Celular. (a) AM e. (b) AP



Fonte: Autor, 2017.

A maioria dos rompimentos da AMCon ocorreram na interface substrato/argamassa, 57,50 %, sendo essa ruptura do tipo adesiva. A resistência de aderência média para a AMCon foi de 0,26 Mpa, resultado próximo, porém abaixo do limite mínimo que a norma ABNT NBR 13749: 2013 estabelece.

Na APCon a maioria das rupturas, 74,28 %, se deram nas interfaces substrato/argamassa e argamassa/cola, portanto, rupturas do tipo adesivas. Analisando-se em conjunto a resistência de aderência média, tem-se um valor de 0,13 Mpa, resultado abaixo do mínimo que a norma ABNT NBR 13749: 2013 especifica.

Para Carasek (2010), quando a ruptura é adesiva a gravidade é maior, pois apresenta falta de aderência entre os substratos e espera-se, portanto, que os valores de resistência obtidos dessa forma sejam mais elevados, pois caso sejam baixos, o potencial de ocorrência de patologias futuras é maior. O que de fato ocorreu com AMCon e APCon.

#### **4 CONCLUSÃO**

A argamassa com projeção manual apresentou maior teor de ar incorporado, menor absorção de água e coeficiente de capilaridade, maior resistência à tração na flexão e compressão axial comparada a argamassa com projeção mecânica. Existem muitos fatores oriundos a dosagem das argamassas, desconhecidos nesta pesquisa, que podem influenciar nos resultados dos ensaios, tais como: relação água/cimento, os percentuais de aditivos utilizados, os tipos de aditivos, os agregados, o próprio traço, dentre outros.

A AMCer foi a única a apresentar valor para resistência de aderência médio acima do limite mínimo estabelecido ABNT NBR 13749: 2013. As APCer, AMCon e APCon não demonstraram diferença significativa na resistência de aderência média entre elas. As resistências de aderência da AM apresentam maior variabilidade em relação a AP, com base na análise dos desvios padrões, e, portanto, infere-se influência da energia da força humana na projeção da argamassa ao substrato.



O fator altura influenciou nos valores de resistência na AMCer, a altura de 180 cm perante as de 120 cm e 60 cm, apresentou maior resistência. Entre as alturas de 120 cm e 60 cm não houve diferença significativa. As AMCon, APCer e APCon não apresentaram variabilidade. Com base na análise dos desvios padrões, em relação às alturas, tem-se maior variabilidade da AM na altura de 180 cm. A AP não apresentou influência da altura nos valores de resistência de aderência à tração, indiferente ao tipo de substrato. Portanto, comprovou-se que, por ser um equipamento mecânico, a energia de lançamento da argamassa não foi afetada pelo fator altura.

A AMBCer e a APCer tiveram a maioria das suas rupturas na argamassa, sendo, por conseguinte, ruptura do tipo coesiva, enquanto AMCon e APCer tiveram maior rompimento na interface substrato/argamassa, apresentando ruptura do tipo adesiva.

## 5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuro:

- Executar a pesquisa com espessuras distintas dos revestimentos argamassados, dentre elas a espessuras que atendem o indicativo da ABNT NBR 13749:2013;
- Executar a pesquisa com um número maior de corpos de prova, em visto que há descartes por falha na execução.
- Executar a pesquisa com a posição dos corpos de prova de forma mais aleatória seguindo diretrizes da ABNT NBR 13528:2010.
- Avaliar argamassa com projeção manual e argamassa com projeção mecânica com traços e composição dos componentes conhecidos.
- Analisar diferentes percentuais de aditivo incorporador de ar, a fim de justificar melhor a capilaridade e resistências.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **EB 1763**: Aditivos para concreto de cimento Portland – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento revestimento de paredes – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

ANTUNES, P.N. Rubiane. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. 2005. 247 p. Tese Doutorado (Escola Politécnica)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANTUNES, P.N. Rubiane ; JOHN, M. Vanderley. **Determinação e controle da energia de impacto de argamassas lançadas manualmente**. 2007. 16 p. Boletim Técnico (Boletim Técnico)- Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: Arte Interativa, 2007. Cap. 26, p. 863-904

CARASEK, Helena. **Guia de avaliação e interpretação de ensaios de sistemas de revestimento de argamassa**. Comunidade da construção de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2011. 21 p. 4º Ciclo

CINCOTTO, M.A.; SILVA, M.A.C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995, 118 p. (Boletim 68 IPT).

COSTA, F. N. **Processo de Execução de Revestimento de Fachada de Argamassa: Problemas e Oportunidades de Melhoria**. 2005. 195 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

DUALIBE, R. P.; CAVANI, G. de R.; OLIVEIRA, M. C. B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência à tração e permeabilidade à água. In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Florianópolis, 2005. **Anais...** Florianópolis, 2005, p. 508-517.

FERNANDES, H. C.; JOHN, V. M. Desenvolvimento de metodologia para estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por spray a ar comprimido. In: **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, n. 474, 2007, 23p.

MALAGONI, Marina Augusta; SCARTEZINI, Victor. **Análise dos resultados de resistência de aderência em revestimentos de argamassa**. 2013. 389 fls. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013

METHA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3º edição, São Paulo, Ed Ibracon. 2008.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimento de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa**. 2008. 179 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

RATO, V. Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas. **Dissertação de mestrado**, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2006.