



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO – UNICAP
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA – PRAC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE SOLUÇÃO DE CAL EM
SUBSTITUIÇÃO À ÁGUA DE AMASSAMENTO DE CHAPISCO E
EMBOÇO PARA REVESTIMENTO**

ANDRÉ MIRANDA DOS SANTOS

Recife-PE
Novembro de 2011

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE SOLUÇÃO DE CAL EM
SUBSTITUIÇÃO À ÁGUA DE AMASSAMENTO DE CHAPISCO E
EMBOÇO PARA REVESTIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Just da Costa e Silva.

Co-Orientador: Prof. Dr. João Manoel de Freitas Mota.

Recife-PE
Novembro, 2019

S237i Santos, André Miranda dos.
Influência da utilização da solução de cal em substituição à água de amassamento de chapisco e emboço para revestimento / André Miranda dos Santos, 2019.
100 f. : il.
Orientador: Ângelo Just da Costa e Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Mestrado em Engenharia Civil, 2019.

1. Argamassa. 2. Cal. 3. Revestimentos. I. Título.

CDU 666.97

Ficha catalográfica elaborada por Pollyanna Alves - CRB-4/1002

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE SOLUÇÃO DE CAL EM
SUBSTITUIÇÃO À ÁGUA DE AMASSAMENTO DE CHAPISCO E
EMBOÇO PARA REVESTIMENTO**

ANDRÉ MIRANDA DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Angelo Just da Costa e Silva - UNICAP
Orientador

Prof. Dr. João Manoel de Freitas Mota - IFPE
Co-Orientador

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Jr. - UFMG
Examinador Externo

Prof. Dr^a. Eliana Cristina Barreto Monteiro - UNICAP
Examinador Interno

RECIFE, novembro 2019

DEDICATÓRIA

*À Deus que sempre esteve presente em minha vida me dando
forças para poder lutar contra as adversidades.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceber saúde, vontade e capacidade de poder por em prática os anseios e sonhos podendo contribuir o aprendizado, retribuído o capital intelectual.

A minha família como um todo, sendo fonte de luta e perseverança nessa jornada da vida, servindo de prumo, apoio e amparo muitas vezes quando no meio do caminho os obstáculos surgiram.

A minha esposa que amo, Juliana Martins Miranda e ao meu filho Andre Felipe Martins, que muitas vezes esteve ao meu lado em casa enquanto me debruçava na pesquisa e em sua inocência me pedido pra parar de trabalhar e brincar com ele.

Ao meu irmão de consideração, parceiro na minha jornada de vida e orientador, Prof. Dr. ÂNGELO JUST DA COSTA E SILVA, pela paciência e incentivo à realização deste trabalho, acreditando no sucesso da pesquisa, me possibilitando a desbravar novas áreas de conhecimento para minha vida profissional e acadêmica.

A meu irmão, parceiro e co-orientador, Prof. Dr. JOÃO MANOEL DE FREITAS MOTA, por acreditar no meu potencial e na insistência incansável de ideias que me nortearam na pesquisa.

Ao Prof. Dr. ROMILDE ALMEIDA DE OLIVEIRA, por acreditar e apoio nas atividades e pela parceria oriunda dentro do mestrado.

Aos Profs. Dr. José Orlando Vieira Filho, Manoel Caetano, pela força dada no inicio deste processo, onde, muitas vezes, serviram de orientadores para tomadas de decisões na vida pessoal.

Ao amigo WASHINGTON SILVA ESPOSITO, amigo e irmão que irei levar pra sempre comigo.

Ao meu colega de trabalho e parceiro de hoje e sempre, Allison Rodrigo Pessoa, apesar da pouca idade demonstra grande maturidade pessoal e profissional.

A Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP pela possibilidade de poder cursar o mestrado e fazer boas amizades, colegas de trabalho e Professores que ao longo de minha permanência se tornaram amigos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE, Campus Recife e a TECOMAT Engenharia pelo apoio técnico na realização dos ensaios prestando apoio técnico, muitas vezes escassos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de reações química na obtenção da cal hidratada	24
Figura 2 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	27
Figura 3 - Ilustração básica da constituição do revestimento.	32
Figura 4 - Aplicação do chapisco tradicional com colher de pedreiro.	34
Figura 5 – Vista da etapa de acabamento na execução da argamassa de emboço.....	35
Figura 6 - Fluxograma dos processos para argamassa mista preparada em obra.....	37
Figura 7 - Fluxograma de processos para argamassa industrializada em sacos.	37
Figura 8 - Representação esquemática do mecanismo de aderência entre argamassas de cimento e cal e os blocos cerâmicos.	39
Figura 9 – Aspecto da região de interface entre argamassa com diferentes proporções de cimento e cal, e base em tijolo cerâmico.	40
Figura 10 - Cristais de etringita na interface do chapisco comum/concreto.....	43
Figura 11-Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas	45
Figura 12-Análise do tipo de Ruptura.	46
Figura 13: Ruptura na interface argamassa-substrato.....	47
Figura 14: Ruptura na interface cola-argamassa.....	47
Figura 15: Ruptura na interface cola-pastilha	48
Figura 16 – Ensaio de Absorção inicial (IRA).	51
Figura 17- Ensaio de tração na flexão e barras de argamassa.	52
Figura 18 - Ensaio de compressão em barras de argamassa.	52
Figura 19 - Parede de blocos cerâmicos sendo chapiscada.....	53
Figura 20 - Parede com blocos de concreto com chapisco com cal.	55
Figura 21 - Parede chapiscada sem solução de cal	55
Figura 22: Famílias base blocos de concreto com solução de cal.....	56
Figura 23-chapiscadas prontas bloco cerâmica.....	56
Figura 24-Aplicação do emboço (Blocos cerâmicos).....	57
Figura 25 – Vista do painel com bloco cerâmico durante a aplicação da argamassa de emboço	58
Figura 26-Definição das famílias(blocos de concreto).	58
Figura 27-Posição dos Corpos de prova para realização dos ensaios	59
Figura 28: Colagem das placas de aderência Figura 29: Ensaio de Aderência	60
Figura 30-Exemplo da parede e bloco de concreto ensaiada (Famílias13 à16).....	60
Figura 31 - Verificação da espessura do arrancamento.	61
Figura 32- Forma de rupturas.	61
Figura 33 – Fluxograma do experimento (situações 1 e 2).....	62
Figura 34 – Parede de alvenaria de blocos cerâmicos executado no ambiente externo do laboratório.....	63
Figura 35 – Colagem da peça metálica sobre o chapisco (esquerda) e posicionamento do aderímetro (direita).	64
Figura 36-Curva granulométrica do agregado miúdo utilizado.	66
Figura 37- Blocos cerâmicos utilizados.....	67
Figura 38 - Blocos e concreto utilizados	67
Figura 39- Ensaio de tração na flexão em	68
Figura 40- Ensaio de compressão nas barras de argamassa.....	68
Figura 41 – Influência da solução de cal utilizada na água de amassamento do emboço	70
Figura 42 - Influência da solução de cal utilizada na água de amassamento do chapisco.	72
Figura 43 – Gráfico indicativo dos ensaios de resistência de aderência à tração.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Classificação das argamassas	20
Quadro 2- Principais tipos de cimento utilizados no Brasil.	23
Quadro 3-Características do cimento	65
Quadro 4-Características da cal hidratada	65
Quadro 5- Características do agregado miúdo.	66
Quadro 6 – Análise de variância (influência da solução de cal no emboço), com nível de significância de 95%.	71
Quadro 7 – Análise de variância (influência da solução de cal no chapisco), com nível de significância de 95%	73
Quadro 8 – Análise de variância (influência da solução de cal no chapisco sem emboço), com nível de significância de 95%.....	74

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem.
°C	Grau Celsius.
µm	Micrometro.
a/c	Fator água/cimento.
cm	Centímetro.
cm ³	Centímetro cúbico.
d ³	Decimetro cubico.
g	Gramma.
h	Hora.
kg	Quilograma.
kg/cm ³	Quilograma por centímetro cúbico.
min	Minuto.
ml	Mililitro.
mm	Milímetro.
s	Segundo.
ρ _{ap}	Massa unitária.
~	Proporcional.
g/cm ³	Gramma por centímetro cúbico.
m ² /kg	Metro quadrado por quilograma.
h/min	Hora por minuto.
MPa	Megapascal.
Kg/m ³	Quilograma por metro cúbico.
g/cm ²	Gramma por centímetro quadrado.
mm/m	Milímetro por metro.
g/dm ² .min ^{1/2}	Gramma por decímetro quadrado pela raiz quadrada de minuto.
µs	Microsegundo.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Justificativa	15
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo geral.....	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Estrutura e escopo do trabalho	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Conceitos básicos.....	18
2.1.1. Constituição da argamassa	19
2.1.2. Função do revestimento	20
2.1.3. Preparação das argamassas.....	21
2.2. Componentes da argamassa.....	22
2.2.1. Cimento	22
2.2.2. Cal Hidratada.....	23
2.2.3. Agregado miúdo	26
2.2.4. Aditivos	28
2.3. Propriedades.....	29
2.3.1. Estado fresco.....	29
2.3.2. Estado endurecido.....	30
2.4. Constituição do revestimento.....	31
2.4.1. Substrato	33
2.4.2. Chapisco.....	33
2.4.3. Emboço	34
2.5. Preparo e aplicação das argamassas.....	36
2.6. Aderência de revestimentos – conceitos, tipos, aplicações	38
2.6.1. Fatores que influenciam a aderência.....	44
2.7. Método de ensaio para avaliação de aderência à tração de revestimento	45
3. MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.1. Materiais	49
3.2. Preparação das amostras	52
3.2.1. Situação 1 e 2: chapisco e emboço misturados com solução de cal	52

3.2.2. Situação 3: chapisco com solução de cal – sem emboço.....	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1. Ensaio de caracterização dos materiais.....	65
4.2. Ensaio de resistência de aderência	69
4.2.1. Situação 1 – influência da solução de cal na água de amassamento do emboço	69
4.2.2. Situação 2 – influência da solução de cal na água de amassamento do chapisco	71
4.2.3. Situação 3: chapisco aplicado sobre a base em blocos cerâmicos – sem emboço..	73
5. CONCLUSÃO	75
5.1 Conclusões e considerações Finais	75
5.2 Sugestões para trabalhos posteriores	77
REFERÊNCIAS	78
ANEXOS.....	84

Santos, André M. **Influência da utilização da solução de cal para preparação de mistura argamassa para revestimento**. Dissertação de Mestrado em Materiais e Construção, do Programa de Pós-Graduação da UNICAP. Recife 2019.

RESUMO

O comportamento da fixação mecânica de revestimentos é uma temática de extrema importância para melhor compreensão dos sistemas aderidos, especialmente na interface entre a argamassa e a base. A aderência física está relacionada, entre outros aspectos, com os teores dos materiais utilizados no traço do chapisco, em função da necessária penetração da água coloidal nos poros do substrato, propiciando o travamento mecânico de cristais de trissulfoaluminato de cálcio hidratado e silicato de cálcio, conforme princípio dos poros ativos. Assim, o presente estudo se propõe a avaliar a influência do uso dessa solução de cal em substituição à água de amassamento na preparação do chapisco e do emboço, com teores de 0% (referência), 5%, 10% e 15% em relação à quantidade de água. O experimento contemplou a preparação de painéis de alvenaria (220x180)cm, preparados com blocos de concreto e tijolos cerâmicos, ambos de vedação. Foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração direta, e os resultados apontaram diferenças significativas (com nível de confiança de 95%) para teores a partir de 10% de cal no chapisco, nos dois tipos de base, alcançando incrementos de até 39% em relação à amostra de referência, comportamento que não foi identificado nas amostras de emboço.

Palavras-chave: Aderência; argamassa; cal hidratada, chapisco.

INFLUENCE OF THE USE OF LIME SOLUTION IN SUBSTITUTION OF MIXTURE WATER OF SPATTERDASH AND PLASTER COATING

ABSTRACT

The mechanical behavior of coatings is an extremely important theme for a better understanding of the bonded systems, especially at the interface between the mortar and the base. Physical adherence is related, among other things, to the contents of the materials used in the spatterdash and plaster, due to the necessary colloidal water penetration in the pores of the substrate, providing mechanical locking of hydrated calcium sulfoaluminate and calcium silicate crystals, according to the principle of active pores. This study proposes to evaluate the influence of the use of this lime solution in substitution of the mixture water in the preparation of spatterdash and plaster, with contents of 0% (reference), 5%, 10% and 15% in relation to the amount of water. The experiment included the preparation of masonry panels (220x180)cm, prepared with concrete blocks and ceramic bricks. Direct tensile bond strength tests were performed, and the results showed significant differences for levels from 10% of lime in the spatterdash, in both base types, reaching increments of up to 39%. in relation to the reference sample, behavior that was not identified in the plaster samples.

Keywords: adherence, mortar, hidrated lime, spatterdash

1. INTRODUÇÃO

Etapa primordial para um satisfatório comportamento dos sistemas de revestimento argamassado é o preparo da base, com o objetivo de assegurar adequada resistência de aderência à tração do sistema. O emprego do chapisco é uma das técnicas mais utilizadas nesse sentido, posto que uniformiza as características da base, aumenta a área de contato e, principalmente, incrementa a rugosidade da superfície.

Para aumentar ainda mais a aderência nessa interface é comum o umedecimento do substrato e, em alguns casos, o transporte do elemento cálcio para os poros da base por meio da pulverização de solução de cal antes da aplicação do chapisco, ou do emboço, como descrito em pesquisas diversas (Costa e Silva *et al.*, 2018; Mota *et al.*, 2009; Scartezini, Carasek, 2003; Chase, 1985).

Em relação à importância da sucção de água, Silva (2004); Barbosa; Mota; Carneiro (2006); Apolônio *et al.* (2015) identificaram que a relação água/cimento é inversamente proporcional à resistência de aderência à tração. Entretanto, adições minerais elevam esta propriedade e promove a forma de ruptura adequada, isto é, no bloco (MOTA *et al.*, 2011).

A relação água/cimento deve ser vista como um requisito de controle tecnológico da argamassa e de todos os materiais cuja matriz é cimentícia, uma vez que quanto maior a porosidade, maior é a percolação e a movimentação de agentes deletérios, mitigando, por conseguinte, a durabilidade. Nessa premissa, a quantidade de água de amassamento adequada e controlada (baixa) favorece a redução da porosidade na interface, que quanto maior o coeficiente de sortividade (função da porosidade), maior será a percolação e a possibilidade da movimentação de agentes deletérios, mitigando, por conseguinte, a durabilidade (MOTA *et al.*, 2001).

Há também alguns pesquisadores que vêm buscando alternativas de preparo da base para propiciar uma melhor ancoragem mecânica do revestimento argamassado, seja pelo método tradicional (aplicação de chapisco) ou pelo transporte do elemento cálcio para os poros da base (através da pulverização de solução de cal), ou ainda pelo simples umedecimento, visando garantir uma menor operacionalidade e conseqüentemente menores custos.

Scartezini e Carasek (2003) verificaram o efeito benéfico da solução de cal aplicada sobre superfícies (tijolos cerâmicos e blocos de concreto) em relação à

aderência de revestimentos de argamassas, em comparação com amostras aplicadas sem preparo, apenas umedecidas, e simplesmente chapiscadas. Outro pesquisador que realizou estudo semelhante foi Angelim (2005), que concluiu que o revestimento aplicado sobre solução de cal apresentou resistência de aderência à tração superior ao aplicado sobre chapisco, entretanto o mesmo não foi verificado com argamassas industrializadas.

Carasek (1996) relata que em bases porosas a resistência de aderência é inversa ao teor de umidade e diretamente proporcional ao teor de cimento. Todavia, o sistema de poros é responsável direto da sucção capilar, tendo como vetor importante para análise, a umidade do substrato (avidez de sucção). Então, o contexto do processo de aderência mecânica é definido pelos raios médios e variáveis dos capilares da argamassa, que devem ser superiores aos da base.

Apolônio *et al.* (2015) e Mota (2015) identificaram que a relação a/c é inversamente proporcional a resistência de aderência à tração, bem como adição de pozolana eleva esta propriedade.

Não obstante, para revestimentos de argamassa, a aderência aos substratos depende de fatores relacionados às características físicas, mecânicas e composição das argamassas e substratos, detalhes relacionados à aplicação, condições ambientais, dentre outros (RUDIT, 2009).

No sistema de revestimento, a adesão inicial da argamassa com o substrato é diretamente influenciada pelas propriedades reológicas da argamassa, tendo em vista que o lançamento ocorre ainda no estado fresco. Essas propriedades reológicas influenciam na tensão superficial criada na superfície do substrato no momento do contato, tensão esta que resultará nas forças de adesão que devem ser fortes e estáveis o suficiente para assegurar que essa interface formada não seja o elo fraco da união dos materiais (PAES, 2004; ZENELATO, 2015).

Em termos de aderência propriamente dita, que ocorre entre a argamassa de revestimento e o substrato, trata-se de um processo essencialmente mecânico. Esse processo ocorre, pela transferência de água no estado coloidal da argamassa para o substrato, o que possibilita a entrada da pasta cimentícia nos poros da alvenaria, precipitando hidróxidos e silicatos – promovem a ancoragem mecânica do material cimentício com a base.(CARASEK, 1996, RUDIT, 2009).

Outro fator que impacta na aderência é a porosidade do substrato. Em substratos de alta absorção há insuficiência de água para a completa hidratação do cimento próximo

a área de interface entre o substrato e a argamassa (incluindo o chapisco) o que pode tornar uma zona com fragilidade (aproximadamente 20 micrometros). Por outro lado, um substrato com baixa absorção promove um acúmulo de água na zona de interface, fazendo com que se forme uma zona de maior porosidade (devido efeito parede que conduz a elevada relação a/c) e, conseqüentemente, mais frágil (CARASEK, 1996, RUDIT, 2009).

Todavia, além da microancoragem que governa na aderência, a importante macroancoragem é evidenciada pela rugosidade e geometria das superfícies, donde contribui significativamente à baila. Nessas premissas, na microestrutura, os produtos da hidratação do cimento responsáveis pela ligação entre substrato e argamassa são os cristais de etringita e C-S-H (POLITO *et al.*, 2009).

Embora a aderência seja necessária em todas as camadas do sistema de revestimento de argamassa, o chapisco é a única que tem a aderência como função principal seja pela ancoragem da camada posterior, seja pela regulagem da porosidade da base do revestimento (RUDUIT, 2009).

A norma brasileira NBR 13529:2013, define a camada de chapisco como uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Ao que tange espessura de camada e traço, Mibielli (1994) concluiu que as espessuras médias a serem utilizadas no chapisco podem variar entre 3 mm e 5 mm e a norma NBR 8214:1983 define que superfícies lisas, com baixa absorção ou absorção heterogênea de água devem ser preparadas previamente à execução da camada de regularização, mediante aplicação uniforme de chapisco no traço 1:3 ou 1:4 (cimento e areia) em volume, sendo a areia a ser utilizada no chapisco deve ter granulometria de média a grossa. Em geral, as argamassas de chapisco são compostas de cimento, areia e água, mas podem ter adição de polímeros, que terão a função de garantir a adesão inicial ao substrato (MOURA, 2007).

Segundo Baía e Sabbatini (2001), antes da execução do chapisco deve-se proceder a uma sequência que consiste na preparação da base, como a limpeza do substrato, eliminação das irregularidades superficiais, remoção das incrustações metálicas e posterior aplicação do chapisco. Para diferentes substratos são utilizados diferentes tipos de chapisco e para isso utilizam-se materiais e técnicas adequadas a fim de compatibilizar a base com o tipo de chapisco utilizado. Mais comumente são

denominados quanto à forma de aplicação, existindo 3 tipos distintos: o chapisco lançado com a colher de pedreiro ou mais conhecido como chapisco convencional e produzido em obra; chapisco desempenado aplicado com a desempenadeira dentada, também conhecido como chapisco industrializado, adesivo ou colante; chapisco rolado aplicado com o rolo de espuma próprio para textura, a fim de propiciar uma textura mais rugosa ao chapisco (MÜLLER, 2010).

Importante material na aderência é a cal, pois proporciona melhor desempenho e durabilidade dos sistemas argamassados, a saber: no estado fresco da mistura - trabalhabilidade, capacidade de manusear o material em seu estado fresco, onde a dimensão e forma da partícula é a característica mais significativa; retenção de água; extensão de aderência; adesão inicial, e, no estado endurecido – maior resistência à abrasão superficial, compressão, tração; aumenta a capacidade de deformação e eleva a resistência de aderência à tração (MOTA, 2006).

1.1. Justificativa

Com a utilização da cal em inúmeras etapas de uma construção, o assentamento de blocos e ao revestimento de paredes, a cal tem a finalidade bastante relevante para esses processos, colaborando na trabalhabilidade do material, procurando impor um rendimento mais elevado dos serviços realizados.

A cal é um produto utilizado constantemente na construção civil, o que pode favorecer seu uso e propagação da técnica apresentação visando suas melhorias. A opção do uso da cal pode ser discutida amplamente, pois a viabilidade do uso pode levar a várias alternativas visando o baixo custo do produto, quando comparados aos materiais que possuem composição cimentícia, pois no tocante a sua aderência mecânica, os pequenos percentuais podem gerar custos menores com a mesma eficiência.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da utilização da solução de cal em substituição à água de amassamento empregada na preparação de argamassas de chapisco e de emboço na sua aderência à tração, a partir de ensaios experimentais realizados em condições de laboratório.

1.2.2. Objetivos específicos

Para a obtenção dessa meta foram traçados alguns objetivos específicos, a saber:

- Conhecer as características dos materiais componentes das argamassas (Cimento Portland, cal hidratada) e da base e sua influência no desenvolvimento da aderência;
- Analisar a influência do tipo de base (blocos cerâmicos e blocos de concreto) na aderência à tração do revestimento de argamassa;

1.3. Estrutura e escopo do trabalho

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos:

- O primeiro apresenta uma introdução ao tema abordado e a contextualização da pesquisa na realidade da construção civil nos dias atuais. Neste capítulo é apresentado os objetivos e a justificativa do estudo em questão que fundamentam a sua relevância.
- No segundo capítulo caracterizam-se os elementos presentes da pesquisa, através da revisão da literatura especializada.
- No capítulo três é descrita a metodologia da pesquisa adotada através do detalhamento do programa experimental, caracterização dos materiais utilizados e descrição dos componentes e das etapas de execução dos ensaios executados.
- No quarto capítulo são apresentados, analisados, discutidos e relacionados os resultados descritos no programa experimental.
- O trabalho finaliza com o capítulo cinco que aponta as considerações e resultados obtidos a partir dos objetivos propostos, apresentando sugestões para trabalhos futuros a partir de questionamentos que surgiram durante a realização da pesquisa.

No que se refere ao escopo do estudo, pode-se destacar os seguintes pontos:

- não foi avaliada a influência do tipo e qualidade de cal hidratada utilizada na mistura, de modo que foi apenas empregada a cal CHI para a confecção das amostras. A depender do tipo de cal é possível que ocorra alguma diferença de comportamento.
- Para a preparação das amostras de emboço foi utilizada apenas um tipo de argamassa, industrializada, oriunda de um fornecedor do mercado nacional, de modo que não foi avaliada a eventual variação de resultados obtida a partir de misturas com diferentes teores dos componentes da mistura.

- não foram efetuadas amostras de estudo em condições de campo, que poderiam retratar mais fielmente a situação encontrada nas obras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Conceitos básicos

Há diversos conceitos para a palavra argamassa, no entanto todas convergem para a definição da NBR 13281 (ABNT, 2001), que a conceitua como uma “mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante inorgânico e água, tendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, que pode ser medida em obra ou na própria instalação”.

Já no quesito revestimento, a NBR 13529 (ABNT, 1995) o conceitua como o revestimento de uma superfície de uma ou mais camadas aplicadas de argamassa, com capacidade de receber revestimento decorativo ou forma em um acabamento final. Podem ser formados por chapisco e emboço, formando o revestimento de camada única, ou por chapisco, emboço e reboco.

Diante disso, um número expressivo de variáveis pode interferir no comportamento do revestimento. O tratamento superficial do substrato, a camada de preparo, os materiais utilizados, o modo de execução e as circunstâncias de cura são parâmetros de suma relevância. Entre eles, alguns têm-se controle, por exemplo os materiais, no entanto outros, como fatores intempéris, não podem ser controlados, assim, relevam o desconhecimento de suas interferências ao que se refere à aderência entre o substrato e o revestimento (MOURA, 2007).

Logo, ao que considera o sistema de revestimento de argamassa, tão essencial quanto às propriedades da argamassa, são as particularidades do substrato e as condições do meio que está inserida. (PEREIRA, 2007). Segundo (MOTA, 2006) destacam-se alguns tipos de revestimentos, quanto ao seu tipo, classificação, tipos e materiais, conforme as Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Revestimentos de argamassa - classificação

Tipo	Critério de classificação
Revestimento de camada única e duas camadas	Numero de camadas aplicadas
Revestimento em contato com o solo, interno ou externo	Ambiente de exposição
Revestimento comum	Comportamento a umidade
Revestimento hidrofugo	

Revestimento de permeabilidade reduzida	
Revestimento de proteção radiológica	Comportamento a radiações
Revestimento termo isolante	Comportamento ao calor
Camurçado, chapiscado, desempenado, sarrafiado, imitação de travertino, lavado e raspado	Acabamento de superfície

Fonte: Cincotto; Silva & Cascudo (1995)

Tabela 2 – Argamassas de revestimento - Tipo

Tipo	Critério de avaliação
Argamassa aérea e hidráulica	Natureza do aglomerante
Argamassa de cal, cimento e cimento e cal	Tipo de aglomerante
Argamassa simples e mista	Número de aglomerante
Argamassa aditivada, colante, de aderência melhorada, hidrúda, de proteção radiológica, redutora de permeabilidade e termo-isolante	Propriedade específicas
Chapisco, emboço e reboco	Função no revestimento
Argamassa dosada em central, preparada em obra, industrializada e mistura semi-pronta	Forma de preparo ou fornecimento

Fonte: Cincotto; Silva & Cascudo (1995)

2.1.1. Constituição da argamassa

A constituição das argamassas de revestimento é de água aglomerantes e agregados, como cimento e/ou cal. Além deles, pode ter aditivos, em que geralmente são inseridos com o intuito de melhorar aspectos e determinadas propriedades (ARAUJO, 2004). No caso da argamassa industrializada tais materiais já são medidos e escolhidos na fábrica (SILVA, 2006). As argamassas podem ser classificadas com relação a vários critérios, alguns dos quais são exemplificados no Quadro 1 abaixo como segue:

Quadro 1-Classificação das argamassas

Critério e classificação	Tipo
Quanto à natureza o aglomerante	• Argamassa aera
	• Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo e aglomerante	• Argamassa com cal
	• Argamassa com cimento
	• Argamassa com cimento e cal
	• Argamassa com gesso
	• Argamassa com cal e gesso
	• Argamassa simples e mista
Quanto ao numero de aglomerantes	• Argamassa mista
	• Argamassa seca
Quanto à consistência da argamassa	• Argamassa plástica
	• Argamassa fluida
	• Argamassa pobre ou magra
Quanto à plasticidade da argamassa	• Argamassa média ou cheia
	• Argamassa rica ou gorda
	• Argamassa leve
Quanto à densidade de massa da argamassa	• Argamassa normal
	• Argamassa pesada
	• Argamassa preparada em obra
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	• Mistura semipronta para argamassa
	• Argamassa industrializada
	• Argamassa dosada em central

2.1.2. Função do revestimento

Ao abordar as circunstâncias requeridas para as argamassas usadas em revestimentos, para a legislação no Brasil, NBR 7200 (ABNT, 1998), relata que para revestimentos externos é obrigatório a resistência das intempéries e grau de permeabilidade ao vapor de água semelhante. Já nos revestimentos internos devem fornecer uniformidade das particularidades superficiais, além de serem permeáveis ao vapor de água, tem uma determinada absorção capilar e serem aptos a receber o acabamento final.

Para Sernagila (2015), além da finalidade de regularizar a superfície para receber o acabamento final, o revestimento interno em argamassa auxilia de forma direta para o isolamento termo acústico, assegurando a estanqueidade, e aumentado da resistência da parede.

De acordo com Leggerini (2011) as principais funções que os revestimentos de argamassa devem atender são:

- a) Proteger os aspectos de vedação da edificação da ação direta dos agentes

agressivos.

b) Contribuir nas vedações nas suas funções de isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água e gases.

c) Regularizar a superfície dos elementos de vedação, para servir de base para outro revestimento ou formar o acabamento final.

d) Auxiliar na estética de vedações e fachadas.

Tabela 3 - Principais requisitos e funções das argamassas

Tipo de argamassa	Função	Principais requisitos
Chapisco	Garantir aderência entre a base e o revestimento	Aderência
	Aumentar a rugosidade e área de contato	
Emboço ou camada única	Proteger a alvenaria contra a ação do intemperismo	Trabalhabilidade
		Baixa retração
		Baixa Permeabilidade
	Regularizar a superfície dos elementos de vedação para receber acabamento decorativo	Resistência mecânica

Fonte: Adaptado de Costa, 2014.

2.1.3. Preparação das argamassas

A NBR 13529 (ABNT, 2013) determina os tipos de argamassas considerando às condições de fornecimento ou preparação:

- Argamassa dosada em central: é a argamassa simples ou mista, dos quais os materiais são medidos em massa em central;
- Argamassa dosada em obra: argamassa simples ou mista, já os materiais são medidos em massa ou em volume na própria obra;
- Argamassa dosada industrializada: produto industrial de doses controlada, composto de aglomerantes minerais, agregado miúdo e aditivos e adições, apenas requer a adição da quantia recomenda de água;
- Mistura semipronta para argamassa: composto ofertado embalado ou a granel, necessita de adição de aglomerante, água e aditivos;

Ainda conforme a NBR 13529 (ABNT, 2013) as argamassas industrializadas são aquelas que já possuem a dosagem monitorada, realizada tal dosagem na indústria, de aglomerante(s), agregado(s), e as vezes, aditivos(s), ofertada no seu estado seco e homogêneo, integrando uma combinação seca onde o usuário apenas faz a adição da água recomendada para ocorrer a preparação da mistura. Nas argamassas de preparo no canteiro da obra requerem a medida e a adição de materiais, onde seus materiais são dosados em volume e massa, podendo conter um ou mais aglomerantes.

Para Alves (2006), os elementos dessas argamassas podem se apresentar com um ou mais aglomerantes, material imobilizado além de outros aditivos para possibilitar uma maior aderência mecânica e química.

Podendo ter a possibilidade de argamassas oferecidas pelos silos onde a medição é mecanizada e o equipamento de mistura pode ser implantado no próprio silo ou em outro instrumento que se encontrará nos pavimentos da construção onde se realizará a mistura final. Os instrumentos são de natureza específicas para o sistema de mistura e requer total habilidade de manuseio.

Outra opção são as argamassas dosadas em central, que consiste na realização dos controles de qualidades dos materiais utilizados para medição de massa e volume, preparados e transportados por meio da betoneira. Nesse método requer de laboratórios qualificados, pá carregadeira, central dosadora e além do caminhão betoneira.

2.2. Componentes da argamassa

Os principais aspectos e propriedades das argamassas estão ligados à dosagem e a natureza de material aplicado na sua produção. Sendo assim, é bastante relevante compreender a função de cada ingrediente que compõe as argamassas (MATOS, 2013).

2.2.1. Cimento

O Cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o Cimento Portland não se decompõe mais. O cimento é o principal elemento dos concretos e é o responsável pela transformação da mistura de materiais que compõem o concreto no produto final desejado (BOLETIM TÉCNICO ABCP, 2000).

Os tipos de cimento que existem no Brasil diferem em função da sua composição, como o cimento Portland comum, o composto, o de alto-forno, o pozolânico, o de alta

resistência inicial, o resistente a sulfatos, o branco e o de baixo calor de hidratação. Dentre os diferentes tipos de cimento, os de uso mais comuns nas construções são o CII E-32, o CII F-32 e o CIII-40. O cimento CPV-ARI é também muito utilizado em fábricas de estruturas pré-moldadas. Os principais tipos de cimento Portland são:

a) Cimento Portland Comum – CP I;

b) Cimento Portland Composto – CP II (com adições de escória de alto forno, pozolana e filler);

c) Cimento Portland de Alto-Forno – CP III (com adição de escória de alto-forno, apresentando baixo calor de hidratação);

d) Cimento Portland Pozolânico – CP IV (com adição de pozolana, apresentando baixo calor de hidratação);

e) Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V (com maiores proporções de silicato tricálcico, C3S, que lhe confere alta resistência inicial e alto calor de hidratação);

Conforme Dubaj (2000), a composição química do cimento tem a maior responsabilidade devido o seu desempenho, mas a finura do material também é relevante. Os principais cimentos mais utilizados no país e suas devidas normas estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2- Principais tipos de cimento utilizados no Brasil.

Denominação	Sigla	Norma
Portland Comum	CP-I	NBR 16697:2018
Portland Composto com Escória	CP II-E	NBR 16697:2018
Portland Composto com pozolana	CP II-Z	NBR 16697:2018
Portland Composto com Filler	CP II-F	NBR 16697:2018
Portland e Alto forno	CP III	NBR 16697:2018
Portland Pozolanico	CP IV	NBR 16697:2018
Portland e alta resistência inicial	CP V	NBR 16697:2018

Fonte: Manual do revestimento ABCP, pg.5 (2002)

2.2.2. Cal Hidratada

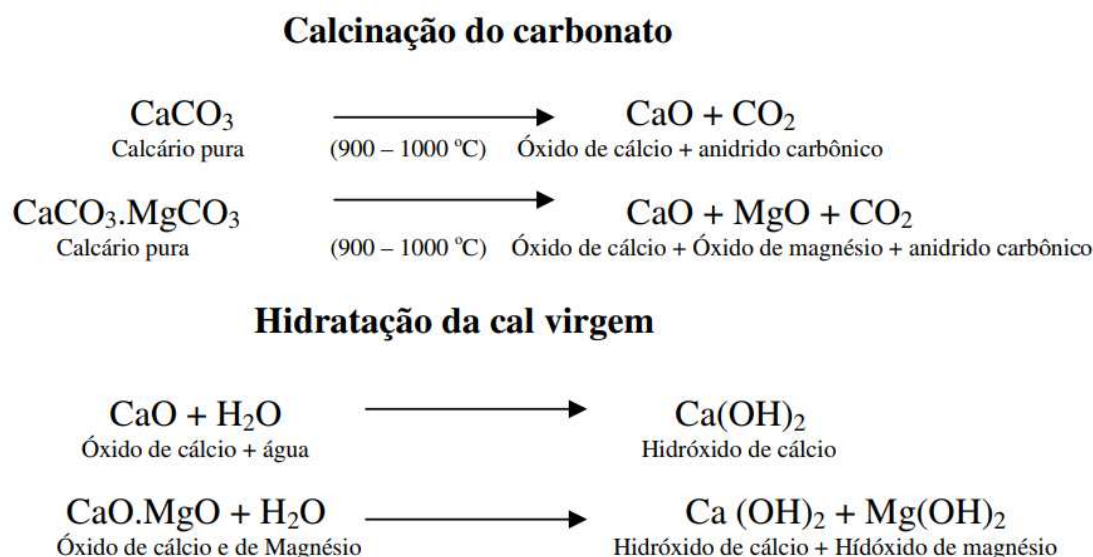
A NBR 7175 (ABNT, 2003) define cal hidratada como pó obtido pela hidratação da cal virgem constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de

magnésio, ou os dois misturados ao óxido de magnésio. Para a obtenção da cal hidratada como produto final, após a seleção da jazida e extração da matéria-prima, duas outras etapas interferem na sua qualidade:

- calcinação da matéria-prima (transformação térmica do carbonato em cal virgem);
- hidratação do produto calcinado.

As equações representativas na figura 2 das reações químicas, ocorridas na produção da cal hidratada, estão representadas em seguida.

Figura 1 - Esquema de reações química na obtenção da cal hidratada



Fonte: BAUER, 2005.

Segundo BAUER (2005), quando a cal virgem entra em contato com a água, ocorre hidratação do produto, cuja reação é fortemente exotérmica. O calor liberado na hidratação gera forças de expansão na cal virgem, o que causa a desintegração completa da mesma, que se transforma em um pó. Esta reação tem como produtos formados os hidróxidos de cálcio e de magnésio. A norma brasileira referente à cal hidratada é a NBR 7175 (1992). A quantidade de CO_2 no produto final ao lado do teor de óxidos não hidratados aparecem como parâmetros responsáveis pela classificação dos três tipos de cales (CH I, CH II e CH III). As Tabela 4 e Tabela 5 mostram as exigências físicas e químicas que classificam as cales que são produzidas e comercializadas no Brasil.

Tabela 4 - Exigências Físicas das cales hidratadas nacionais

Exigências		Tipo de cal hidratada		
		CH I	CH II	CH III
Finura	Peneira 0,6mm	≤ 0,5%	≤ 0,5%	≤ 0,5%
	Peneira 0,075mm	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%
Estabilidade		ausência de cavidades ou protuberância		
Retenção de água		≥ 85%	≥ 85%	≥ 70%
Estabilidade		≥ 110%	≥ 110%	≥ 110%
Incorporação de areia		≥ 2,5%	≥ 2,5%	≥ 2,2%

Fonte: NBR 7175:2003

Tabela 5 - Exigências químicas das cales hidratadas

Exigências		Tipo de cal hidratada		
		CH I	CH II	CH III
% anidro carbono (CO ₂)	Na fábrica	≤ 5	≤ 5	≤ 13
	No depósito ou na obra	≤ 7	≤ 7	≤ 15
% de óxidos não hidratados		≤ 10	Sem exigências	≤ 15
% Óxidos totais na base de não voláteis (CaO + MgO)		≥ 88%	≥ 88%	≥ 88%

Fonte: NBR 7175:2003

A utilização da cal na composição das argamassas de revestimento é considerada favorável, principalmente, no que diz respeito as suas propriedades no estado fresco, com influência direta na trabalhabilidade. Essa influência é devida ao estado de coesão interna que a cal proporciona, em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão às partículas de agregado (CINCOTTO *et al.*, 1995). Outra propriedade no estado fresco é a retenção de água que auxilia no desenvolvimento da hidratação em fases mais avançadas, evitando possíveis problemas de fissuração ocasionados por retração, fatores estes com implicância direta no desempenho dos sistemas de revestimento. As argamassas que contém cal preenchem mais facilmente e, de maneira mais completa, toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência (CARASEK *et al.*, 2001).

Cabe lembrar, entretanto, que o uso deste material deve ser acompanhado de avaliações e ajustes prévios, uma vez que teores em excesso podem influenciar negativamente no desempenho do sistema de revestimento, contribuindo, principalmente, para o surgimento de fissuras ao longo do revestimento. De um modo geral, o emprego das argamassas de cimento e cal em revestimentos é bastante conveniente, uma vez que se procura conciliar as vantagens de ambos os materiais. A aderência e o endurecimento inicial são promovidos principalmente pelo cimento. A trabalhabilidade, retenção de água, bem como a extensão de aderência é incrementada pelo uso da cal.

Segundo consta no Manual de Revestimentos da ABCP (2002) argamassas de cal possui um destaque ao considerar a facilidade em trabalhar com a mesma e da habilidade de absorver deformidades, no entanto, possuem resistência mecânica e aderência menores ao ser comparada com as demais.

Na visão de Maciel *et al.* (1998) os principais fatores para a escolha da cal tangem acerca do tipo de cal e seus aspectos, meio de produção, massa unitária, disponibilidade e custo, comportamento da argamassa com a cal.

2.2.3. Agregado miúdo

De acordo com Bauer (2005), o agregado é parte integrante das argamassas, sendo em alguns casos definido como o “esqueleto” dos sistemas de revestimento argamassados, com influência direta em propriedades como retração, resistência mecânica, módulo de deformação, dentre outras a análise granulométrica do agregado é o principal método de ensaio utilizado para se avaliar os diferentes tipos de agregados que compõem as argamassas revestimento, bem como consiste na determinação das dimensões das partículas e das proporções relativas em que elas se encontram na composição. Ainda e citado pelo mesmo que na produção de argamassas podem ser utilizadas areias naturais (provenientes de leitos de rios e de cava) e artificiais (provenientes da britagem de rochas), sendo este último mais utilizado na produção das argamassas industrializadas. Sugere-se que a escolha de uma areia deva ser baseada em uma granulometria contínua, com uma dimensão máxima característica adequada aos tipos de revestimento no qual será utilizado.

De acordo como apresenta Sabbatini (1998) uma síntese qualitativa da influência dos parâmetros granulométricos nas principais propriedades das argamassas, pode ser analiso na Tabela 6.

Tabela 6 - Influência dos parâmetros granulométricos nas principais propriedades das argamassas.

Propriedades	Quanto ao modulo de finura	Característica da areia quanto mais descontinua for a granulometria	Quanto maior for o teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável	Melhor
Resiliência	Variável	Pior	Pior
Retração por secagem	Aumenta	Aumenta	Variável
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistencia mecânica	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

Fonte: Sabbatini, 1998.

A distribuição granulométrica, determinada segundo a NBR NM 248, porém os agregados devem atender aos limites estabelecidos na Figura 2, segundo a NBR 7211:2009. Podem ser utilizados como agregado miúdo para concreto, materiais com distribuição granulométrica diferente das zonas estabelecidas na norma, porém, desde que estudos prévios de dosagem comprovem sua aplicabilidade. Podemos observar os limites normativos estabelecidos, baseado na peneira de abertura de malha.

Figura 2 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: NBR 7211,2009.

2.2.4. Aditivos

Para a NBR 13529(ABNT, 2013), os aditivos são entendidos como produtos inseridos à argamassa em pequenas quantidades, com o objetivo de beneficiar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido. Ainda conforme norma trata-se de um produto implementado na argamassa em pequenas quantidades sua reação reflexo seu uso no produto finalizado, e pode vir a agregar valor.

Para Evangelista (2014), existe principalmente seis tipos de aditivos e suas atribuições principais, como pode ser analisado na Tabela 7.

Tabela 7 - Principais tipos de aditivos inseridos nas argamassas

Tipos de Aditivos	
Redutores de água (plastificantes)	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade de argamassa sem alterar a quantidade de água.
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação da água de argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente a sucção por bases absorventes.
Incorporador de ar	Formam microbolhas de ar, estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.
Retardadores de pega	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
Aumentadores de aderência	Proporcionam aderência química ao substrato
Hidrofugantes	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável e permitem a passagem de vapor d'água.

Fonte: Sabbatini, 1981.

Para Carasek e Campagnollo (1990, *apud* DUBAJ 2000), certos aditivos não apresentam uma boa trabalhabilidade as argamassas em seu estado fresco, além de ocasionarem problemas na aderência quando o estado for endurecido. Acrescentando o pensamento desses autores Mibielli (1994 *apud* DUBAJ 2000), confirma que a utilização de aditivos deve ser realizada ao compreender bastante seus efeitos, propriedades e reações. E assim é fundamental o monitoramento da argamassa longo de sua vida útil, para analisar o seu comportamento no decorrer do tempo.

2.3. Propriedades

Segundo Baia e Sabbatini (2008), para que as argamassas atendam suas funcionalidades de forma adequada, é fundamental que elas detêm de determinadas propriedades seja em seu estado fresco quanto no endurecido. O estudo dessas propriedades e de suas interferências contribuem na análise do seu comportamento em diversas situações.

De acordo com o Manual do Revestimento da ABCP (2002), as propriedades das argamassas devem ter compatibilidade com a sua aplicação, a estrutura do substrato, as circunstâncias climáticas do local, bem como ser compatível com o sistema de acabamento sugerido. Na Tabela 8 abaixo, pode-se verificar os principais aspectos do estado fresco e endurecido.

Tabela 8 - Propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido

Estado fresco	Estado endurecido
Massa específica e teor de ar	Aderência
Trabalhabilidade	Capacidade de absorver deformações
Retenção de água	Resistência mecânica
Aderência inicial	Resistência ao desgaste
Retração por secagem	Durabilidade

Fonte: Baia e Sabbatini, 2008.

2.3.1. Estado fresco

As principais características do estado fresco são a adesão inicial, coesão, consistência, endurecimento, exsudação da água, retenção da água, retenção da consistência e trabalhabilidade. O estado fresco das argamassas consiste no intervalo entre a produção e a sua aplicação no substrato até sem endurecimento. As propriedades no estado fresco influenciam de forma direta na finalização do revestimento, caso identificado certos problemas nas propriedades do estado fresco podendo modificar a dosagem da argamassa, e impedindo problemas futuramente na edificação.

- Massa específica e teor de ar incorporado: A massa específica do material pode ser absoluta ou relativa. E esse valor é alcançado por meio da relação da massa pelo volume do material, na especificação relativa também chamada unitária os vazios são considerados no cálculo (BAIA E SABBATINI, 2008).

- **Trabalhabilidade:** assegura desde uma boa execução do revestimento quanto uma boa execução. Essa trabalhabilidade deve ser adequada conforme a maneira que a argamassa será aplicada. Tais ajuste são de suma relevância já que certas propriedades no estado endurecido dependem da aplicação da argamassa com boa trabalhabilidade no estado fresco, sendo a principal delas a aderência.
- **Retenção de água:** essa propriedade das argamassas consiste em conter a perda de água para a superfície de aplicação e para o meio. Uma argamassa considerada de boa retenção de água retarda o endurecimento da mesma, o que é extremamente relevante no critério de aderência, absorção de deformações, resistência mecânica etc. Os principais aspectos que interferem nessa retenção são os tipos de materiais usados e a dosagem de cada um. Tal propriedade pode melhorar por meio da adição de cal ou de outros aditivos (BAIA E SABBATINI, 2008).
- **Adesão inicial:** De acordo com Baia e Sabbatini (2008), a aderência inicial da argamassa consiste na habilidade que ela possui de aderir ao substrato de aplicação. Tal adesão é realizada quando a pasta de cimento ou aglomerante da argamassa une-se aos poros, concavidade e saliências do substrato e então acontece o enrijecimento dela.
- **Retração na secagem:** Conforme Carasek (2007), é um mecanismo que está relacionado com a oscilação de volume da pasta das argamassas. A retração na secagem atua relevantemente no que tange a impermeabilização e a durabilidade das argamassas.

2.3.2. Estado endurecido

Conforme Trevisol (2015), as argamassas em seu estado endurecido têm propriedades que são analisadas diretamente em corpos de prova e outras em conjunto com um substrato.

- **Adesão:** compreende sobre essa capacidade é onde o revestimento tem de suportar tensões normais de tração e tangenciais que atuam na interface substrato/revestimento sem sofrer um processo degenerativo. O mecanismo de aderência é resultante especialmente da ancoragem mecânica da pasta, que é succionada pelos poros da base, na ocorrência precipitação de silicatos e hidróxidos, e como consequência acontece o um endurecimento progressivo da pasta, e resulta na ancoragem mecânica da argamassa na base. (CARASEK,2007).

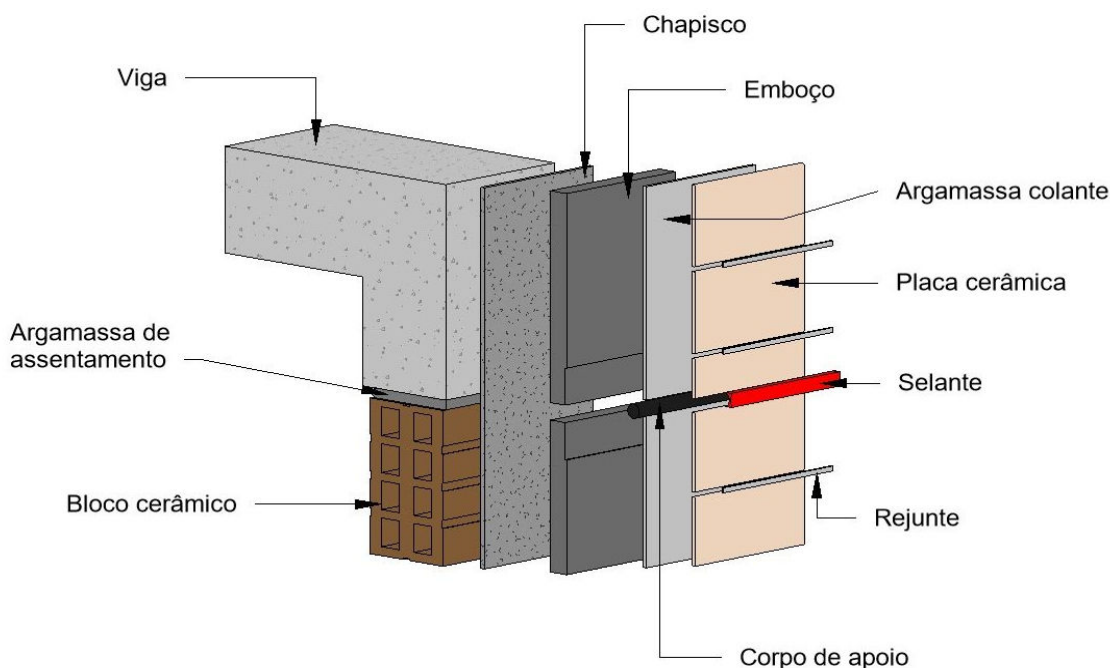
- Capacidade de absorver deformações: tem a capacidade de absorver que surgem da camada de base, e podem vir a comprometer a impermeabilização e a durabilidade das argamassas, podendo ser as deformações grandes ou pequenas. (BAIA E SABBATINI, 2008).
- Resistência mecânica: é a capacidade que as argamassas têm de suportar os esforços físicos externos como abrasão superficial, impacto e a contração ou dilatação termoigroscópica. Relaciona-se com os agregados e os aglomerantes da argamassa, isto é, quanto maior for a quantidade de aglomerante mais resistência tem a argamassa. (BAIA E SABBATINI, 2008).
- Permeabilidade: tal propriedade das argamassas está relacionada com a passagem de água. O material de uma determinada argamassa por ser muito poroso possibilitando assim a passagem de água seja no estado líquido, como no gasoso. Cabe salientar que o revestimento deve ser impermeável coibindo a passagem de água, no entanto deve permitir a circulação do vapor. (BAIA E SABBATINI, 2008).
- Durabilidade: Para Baia e Sabbatini (2008) os principais aspectos que interferem na durabilidade do revestimento são: a fissuração, a espessura da camada de revestimento, a atuação de microrganismos, e a qualidade da argamassa.

2.4. Constituição do revestimento

O revestimento de argamassa faz parte do sistema de vedação das edificações, portanto deve apresentar propriedades que contribuam para o adequado comportamento da vedação e conseqüentemente, das edificações como um todo (BAIA E SABBATINI, 2008). O sistema de revestimento é definido pela NBR 13529 (ABNT, 2013), como sendo um conjunto formado pela argamassa de revestimento e acabamento decorativo, obedecendo ao que está descrito em projeto e levando em conta fatores como base de aplicação, fatores de exposição, acabamento e desempenho final. O revestimento de argamassa é definido como o cobrimento da superfície com as camadas definidas em projeto, visando a aplicação de acabamento decorativo ou ser utilizada como acabamento final.

Sabe-se que o conjunto revestimento ao entrar em contato com a base, a argamassa torna-se um fator integrante e fundamental para a aplicabilidade do sistema, possuindo uma espessura que no geral é uniforme e hábil para receber acabamentos conforme Figura 3.

Figura 3 - Ilustração básica da constituição do revestimento.



Fonte: Autor, 2019.

Sendo assim, as espessuras permitidas para realização desses revestimentos, conforme a NBR 13749 (ABNT, 1996), estão apresentados na Tabela 9:

Tabela 9 - Espessuras admissíveis de revestimentos em milímetros.

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: Adaptado de Santos, 2008.

Dado o amplo campo de aplicação das argamassas e no conceito o mais genérico possível, pode-se apontar como fundamentais as propriedades de aderência e endurecimento, o que aliás não é novo e está registrado nas normas, como na NBR 13529:2013, como o conceito de argamassa de revestimento:

- a) Tipo de argamassa e respectivos parâmetros para definição do traço;
- b) Número de camadas;
- c) Espessura de cada camada;

- d) Acabamento superficial;
- e) Tipo de revestimento decorativo.

A seguir são apresentados conceitos e propriedades do primeiro elemento que serve como base para o revestimento, o substrato. Elemento de suma relevância, visto que, este pode conceituar as variações expressivas no comportamento da estrutura, especialmente na aderência.

2.4.1. Substrato

De forma resumida, o substrato (emboço) é a camada do piso ou do elemento de vedação (parede ou painel) sobre a qual a cerâmica será assentada. No caso de piso, o substrato é o contrapiso (argamassa de regularização aplicada sobre a laje de concreto, com a finalidade de definir caimentos e desníveis, além de homogeneizar a superfície irregular do concreto). Quando grandes espessuras de argamassa forem necessárias, seja por motivos de regularização da base ou detalhes arquitetônicos, é indicada a aplicação de uma camada de regularização reforçada com tela, preferencialmente metálica. São consideradas grandes espessuras aquelas acima do limite máximo indicado pelo fabricante do produto ou, na ausência deste, 40mm. (NBR, 13755:2017)

Diante disso, um fator essencial é o substrato ou também chamado como base, na qual se apresenta em uma camada que é encarregada de receber a argamassa. Classifica-se de acordo com suas funções seja de natureza estrutural ou de vedação, bem como, por meio dos materiais atualizados, pela sua capilaridade de absorção ou sucção de água ou também, com classificação pela porosidade e textura superficial de contato podendo ser lisa ou rugosa (JUNIOR, 2004).

Com objetivo de orientar no processo de preparação dos substratos a NBR 7200 (ABNT, 1998) ressalta que as bases de revestimentos devem responder às exigências de nivelamento determinados nas regras de alvenaria e de estruturas de concreto. Ainda de acordo com a norma, a base do revestimento com alta absorção, com exceção da parede de bloco de concreto, deve ser previamente molhada, aconselhando-se a limpeza da base para remover quaisquer materiais ou elemento que influencie na aderência.

2.4.2. Chapisco

O chapisco tem a função de uniformizar as características de rugosidade e absorção a água da base, além de produzir um substrato de aderência para fixar de outro elemento. Formado por cimento, areia lavada grossa e água. Conforme a NBR

13.755/2017, o chapisco se inicia respeitando o prazo de carência antes da realização da estrutura e alvenaria, descrita os prazos a seguir:

- Estrutura - 28 dias (3 últimos pavimentos 60 dias).
- Alvenaria - 14 dias (fixação da alvenaria 15 dias).

Na realização do chapisco, como visto na Figura 4, a argamassa deve ser projetada, de baixo para cima, contra a superfície a ser revestida. O chapisco pode ser feito em superfícies verticais e em superfícies horizontais de estrutura de concreto, e nas superfícies verticais de alvenaria, para depois usar o revestimento (emboço).

Por ser uma etapa intermediária entre a alvenaria e o reboco das paredes. Ele tem a função de aumentar a aderência das paredes para receber o reboco. O chapisco tem um traço 1:3 chamado de forte, ou seja, com grande quantidade de cimento. Em alguns casos, quando precisamos de um chapisco bem aderente e forte para receber o reboco utilizamos de aditivos a base de resinas sintéticas de alta aderência.

Figura 4 - Aplicação do chapisco tradicional com colher de pedreiro.



Fonte: autor,2019.

2.4.3. Emboço

De acordo com a NBR 13755:2017, é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo. Ou seja, o emboço é a

argamassa reguladora que deve uniformizar a superfície, corrigindo as irregularidades, alinhamento dos painéis e traço depende do que vier a ser feito como acabamento conforme Figura 5. O emboço é composto por cimento, cal aditivada, areia lavada média a grossa e água.

Figura 5 – Vista da etapa de acabamento na execução da argamassa de emboço.



Fonte: autor, 2019.

A Tabela 10 mostra os prazos a serem analisados entre as etapas de execução, regido pela a NBR 7200 (ABNT, 1998):

Tabela 10 - Resumo dos prazos entre as etapas de execução.

Camadas	Intervalo entre camadas
Base – Chapisco	14 dias do término da alvenaria de vedação e 28 dias da conclusão da estrutura de concreto ou alvenaria estrutural
Chapisco – Emboço	3 dias
Prim. Demão / Segunda Demão	24 horas
Emboço – Revestimento decorativo	21 dias

Fonte: NBR 7200:98.

2.5. Preparo e aplicação das argamassas

Para a NBR 7200 (ABNT,1998) a medição dos materiais que compõem a argamassa deve ser realizada em volume, em recipientes de volume estabelecido anteriormente, com identificação colorida ou por símbolos, e não é permitido a utilização de ferramentas que não garanta com exatidão o volume usado no preparo.

Ainda conforme essa norma, depois de medidos os materiais devem-se proceder com a mistura do mesmo manualmente, com duração entre 3 e 5 minutos. Nas circunstâncias em que as argamassas sejam à base de cal ou mistas, especificamente para cales hidratadas com teores de CaO acima de 10%, aconselha-se que seja realizado o processo de maturação da cal, onde ela será misturada com água e provavelmente com areia criando uma pasta viscosa e permanecerá misturada pelo menos 16 horas. Após passar esse período deve realizar a adição do cimento.

As misturas podem ser realizadas manualmente ou de modo mecânico, quando são realizados mecanicamente requer da utilização de um misturador.

Conforme Carvalho (2008) quando a mistura for realizada mecanicamente o melhor é que se comece a mistura com o agregado miúdo e água e depois que deve inserir os demais aglomerantes.

Ainda para Carvalho (2008) existem recomendações fundamentais a realizadas em relação à mistura de componentes para elaboração de argamassa. As principais estão descritas a seguir:

a) Um tempo de mistura atingido entre 3 e 5 minutos no caso de processo mecanizado e volume de argamassa inferior a 0.05m^3 de cada vez nos processos manuais

b) Para o caso de obras que façam uso de mistura prévia de cal e areia deve-se primeiro misturar os componentes adicionando depois a água, até atingir a consistência seca. Essa mistura deve ficar em maturação durante no mínimo 16 horas

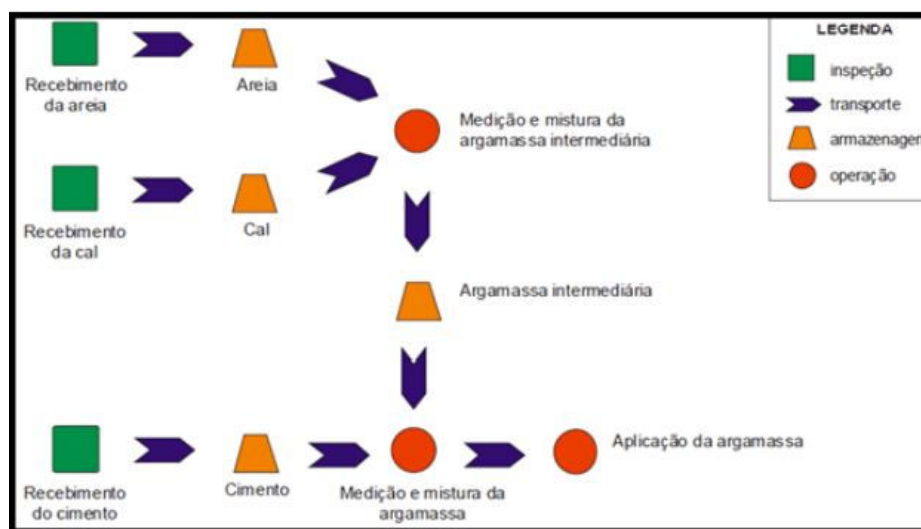
c) Em caso de argamassas mistas o cimento tem que ser inserido apenas no ato da sua aplicação, respondendo o prazo de maturação da pasta ou da mistura de cal e areia.

d) As argamassas mistas ou de cimento o volume de produção deve ser monitorado de forma que seja usado até o prazo máximo de 2 horas e 30 minutos. Nos casos de temperaturas acima de 30°C , forte insolação sobre o estoque de argamassa ou

umidade relativa do ar inferior a 50% o prazo reduz para até 1 hora e 30 minutos. Esses prazos podem sofrer mudanças considerando os aditivos retardadores.

A Figura 6, apresenta um fluxograma resumido dos processos que abrangem a da argamassa mista preparada na obra, em concordância com Oliveira (2006).

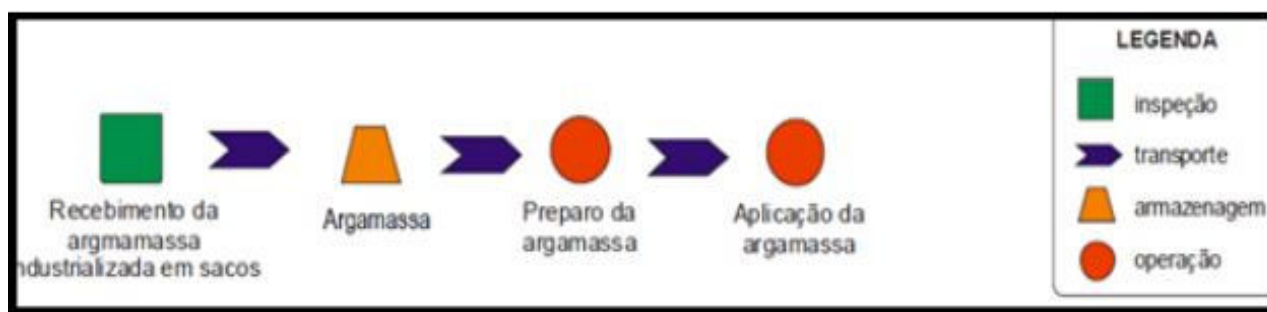
Figura 6 - Fluxograma dos processos para argamassa mista preparada em obra



Fonte: Oliveira, 2006.

Já nas argamassas industrializadas a NBR 7200 (ABNT, 1998) aconselha que atenda as recomendações do documento técnico do produto quanto a quantidade de água a inserida, tempo de preparo, entre outros. Na figura abaixo, está demonstrado na Figura 7, o fluxograma conforme Oliveira (2006) para argamassas industrializadas.

Figura 7 - Fluxograma de processos para argamassa industrializada em sacos.



Fonte: Oliveira, 2006.

Vale ressaltar que a argamassa industrializada possui certos benefícios sobre a argamassa convencional, tais benefícios podem ser analisados iniciando pelo recebimento do material, passando pela utilização até sua vida útil na edificação, considerando que a possível diminuição de problemas patológicos.

A construção civil brasileira ainda utiliza bastante a produção de argamassa em obras, com execução manual, por outro lado, argamassas projetadas mecanicamente tendem a apresentar valores de resistência superiores e mais uniformes à de argamassas aplicadas manualmente. A diferença se justifica no fato de que a projeção mecânica proporciona maiores superfícies de contato, reduzindo a porosidade e a permeabilidade dos revestimentos.

2.6. Aderência de revestimentos – conceitos, tipos, aplicações

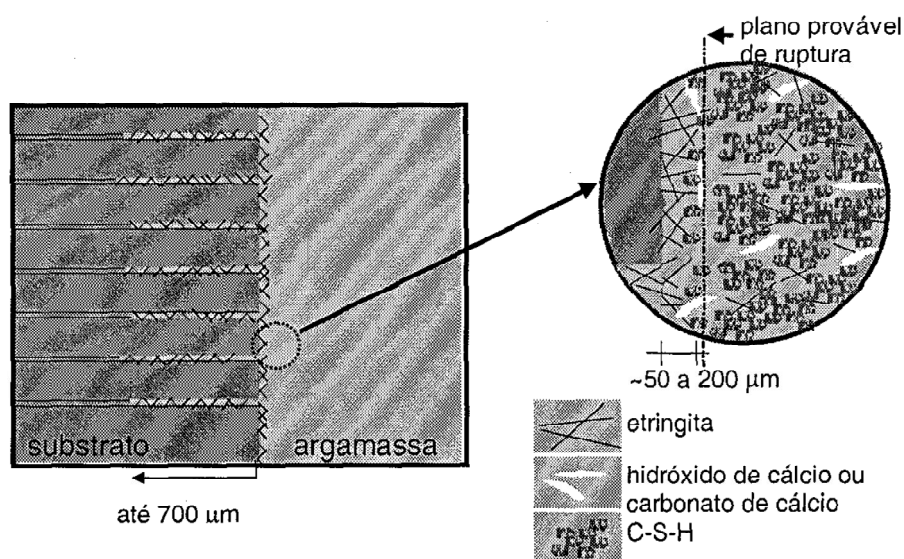
Avaliando a aderência propriamente dita, em especial a interface da argamassa de preparo (chapisco) com a base, verifica-se um processo predominantemente mecânico. Esse processo ocorre, essencialmente, pela transferência de água no estado coloidal da argamassa para o substrato através de sucção, possibilitando, por conseguinte, a entrada de parte da pasta cimentícia nos poros da alvenaria no estágio de dissipação de hidróxidos, silicatos e aluminatos, de tal forma que promove ancoragem mecânica devido ao travamento após aperto destes cristais surgidos mais abundantemente no estado de precipitação até o endurecimento (CARASEK, 1996; MOTA, 2015).

Carasek (2007) descreve que quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato, parte da água de amassamento, que contém em dissolução ou estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra pelos poros e cavidade do substrato. No interior dos poros ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da carbonatação da cal, e após algum tempo, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa a base. Em seus estudos micro-estruturais empregando microscópio eletrônico de varredura, confirmou que a aderência decorre do intertravamento principalmente da etringita (um dos produtos de hidratação do cimento) no interior dos poros do substrato. Tendo em vista o mecanismo de ligação, pode-se concluir que quanto melhor for o contato entre a argamassa e o substrato, maior será a aderência obtida. Dessa forma, a aderência está diretamente relacionada com a trabalhabilidade (ou reologia) da argamassa, com a energia de impacto no processo de execução, das características e propriedades dos substratos e de fatores externos.

Segundo dos Santos (2008), a aderência química é proporcionada com a introdução de aditivos adesivos que possuem a capacidade de melhorar a fixação na interface entre as camadas. Os aditivos adesivos costumam ser a base e polímeros, como PVA, acrílicos, estireno, butadienos e outros.

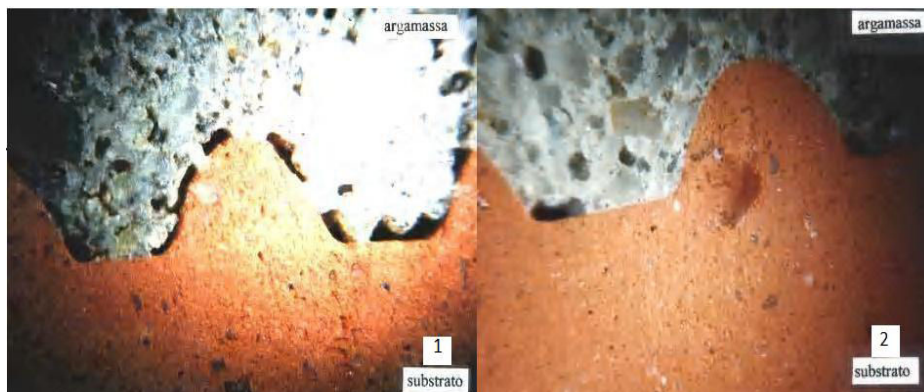
A introdução destes produtos se apresenta como uma opção para revestimento em bases com condições de porosidade, rugosidade e absorção de água de baixa capilaridade incompatível com o desenvolvimento do sistema de aderência mecânica, no caso de placas de baixa absorção de água (porcelanatos, vidros) concretos em pilares de elevada resistência, estruturas metálicas etc. Nesses termos, um aspecto que impacta na aderência é a porosidade do substrato. Trabalho apresentado por Torres et al. (2018) evidencia a forte influência da porosidade do substrato na aderência, a partir de estudo experimental desenvolvido com diferentes tipos de bases e argamassas. Substratos de alta absorção podem resultar em insuficiência de água para a completa hidratação do cimento próximo à área de interface entre o substrato e a argamassa de preparo (chapisco), o que fragiliza essa região (aproximadamente 20 micrômetros). Por outro lado, os substratos com baixa absorção podem gerar acúmulo de água na zona da interface, aumentando a porosidade devido ao efeito parede que conduz a elevada relação água/cimento (CARASEK, 1996; APOLÔNIO et al., 2015), reduzindo a sua capacidade de suporte mecânico. A Figura 8 e 9 apresentam o mecanismo de aderência das argamassas em blocos cerâmicos.

Figura 8 - Representação esquemática do mecanismo de aderência entre argamassas de cimento e cal e os blocos cerâmicos.



Fonte: Carasek, Cascudo, Scartezini, 2001.

Figura 9 – Aspecto da região de interface entre argamassa com diferentes proporções de cimento e cal, e base em tijolo cerâmico.



Fonte: Carasek, 1996.

Como se observa nas figuras apresentadas, as argamassas mistas de cimento e cal hidratada (proporções, em volume, de 1:3 e 1:0,25:3 (cimento : cal: areia), para as imagens do lado esquerdo e direito, respectivamente) possuem maior capacidade de extensão de aderência a nível microscópico. Observa-se que, na interface, sua estrutura é mais densa e contínua, bem como apresenta diminuição de micro fissuras nesta região. Portanto, as argamassas mistas de cimento e cal podem ser consideradas ideais por proporcionarem as qualidades complementares dos dois materiais (CARASEK; CASCUDO; SCARTEZINI, 2001).

A imagem apresentada na Figura 9 também evidencia a importância da trabalhabilidade da argamassa na aderência com a base, uma vez que é determinante para proporcionar maior extensão de ancoragem possível entre as camadas. Artigo apresentado por Stolz *et al.* (2018) identificou influência até mais significativa do comportamento reológico da mistura do que da rugosidade de substratos de concreto na aderência de argamassas mistas de cimento e cal hidratada, em algumas situações.

Nesse sentido, a cal presente na argamassa exerce importante papel na aderência, pois melhora a trabalhabilidade, retenção de água, extensão de aderência, adesão inicial, no estado fresco, e, no estado endurecido, proporciona maior resistência à abrasão superficial, compressão, tração, deformabilidade e resistência potencial de aderência (MOTA, 2006).

Em verdade, o uso da cal para confecção de argamassas, mesmo como aglomerante principal, remete a edificações executadas desde muito antes do emprego difundido do cimento Portland. Para o assentamento de azulejaria do final do século XIX eram utilizadas pastas de cal hidratada, com capacidade de suporte mecânico e

durabilidade comprovadamente adequadas, a julgar pela sua conservação nessas edificações históricas até os dias atuais (BOTAS, VEIGA, VELOSA, 2017).

Na interação da argamassa com o substrato, tem-se a teoria dos poros ativos, a partir da qual o fluxo de água entre a argamassa e o substrato pode ser entendido como a interação de dois sistemas de poros (DETRICHÉ *et al.*, (1985); DUPIN; DETRICHÉ; MASO, 1988), com sentido desse fluxo desde os poros de maior para os de menor diâmetro.

Sabe-se que o sistema de poros do substrato cerâmico, por exemplo, apresenta-se com raios aproximadamente constantes ao longo do tempo. Por sua vez, a argamassa no estado fresco apresenta-se com um sistema de poros de raios variáveis com o tempo, que decrescem com a hidratação dos aglomerantes da argamassa. Quando a argamassa é lançada no substrato poroso de capilares inicialmente vazios, observa-se que os raios médios da argamassa são superiores aos dos capilares do substrato, assim, propicia o fluxo da água no sentido da argamassa para o substrato. Na sucção ocorre um aperto mecânico das partículas sólidas da argamassa, tendo em vista a depressão dos capilares, concomitantemente com uma aceleração da cristalização decorrentes da hidratação dos produtos dissolvidos do aglomerante, resultando na ancoragem (DUPIN; DETRICHÉ; MASO, 1988).

Os poros da argamassa variam de diâmetro $0,001\mu\text{m}$ a aproximadamente $5\mu\text{m}$. Por conseguinte, os poros do substrato que ultrapassarem o valor máximo de $5\mu\text{m}$ serão entendidos como poros inoperantes, não ativos, uma vez que não possuem força capilar adequada. O raio médio dos poros das argamassas pode ser aumentado, alterando as proporções dos aglomerantes e agregado, sendo este último elevando a distribuição granulométrica (aumentando o módulo de finura), objetivando-se, desta forma, o acréscimo da capacidade de sucção do substrato (WINSLOW; LIU, 1990).

Com base nesses conceitos, percebe-se a importante influência da porosidade e avidez por água da base na aderência de revestimentos de argamassa. Comparando os blocos de concreto com os tijolos cerâmicos é possível notar que não apenas a absorção total de água é importante, mas principalmente a sortividade, ou a velocidade que a água consegue penetrar na base, mensurado a partir do teste de absorção inicial de água. Nesse caso, a medição identifica a quantidade de água absorvida durante 1 minuto de contato, reproduzindo de forma mais fiel o fluxo que ocorre entre a pasta presente na argamassa e a base e dependendo da natureza dos blocos, estes podem possuir, em sua

maioria, poros com diâmetros maiores o que facilita a saturação mais rápida desse componente (caso, por exemplo, do bloco de concreto).

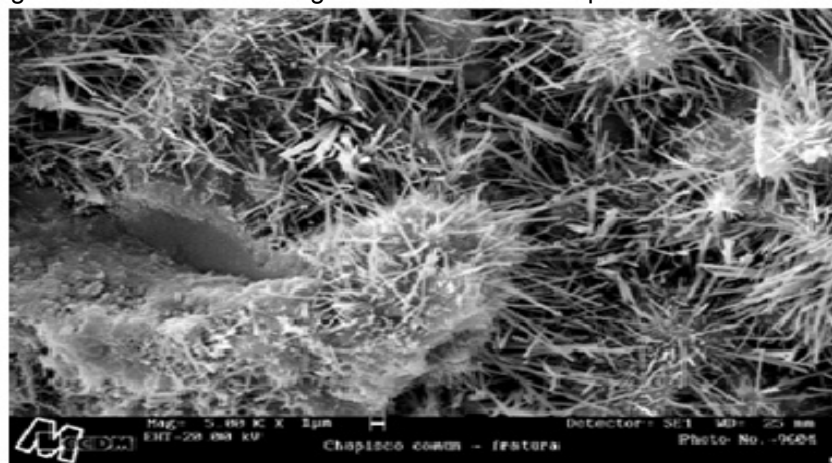
Já blocos com estrutura porosa mais refinada (poros de diâmetros menores) absorvem maior quantidade de água, porém em tempos mais prolongados (caso, por exemplo, do bloco cerâmico). Estas características influenciam diretamente o desempenho do revestimento uma vez que, melhores valores de resistência de aderência são, em geral, atribuídos à penetração da pasta aglomerante no substrato, devido ao caráter essencialmente mecânico destes fenômenos. Pode ocorrer que, ao se utilizar um substrato com elevada capacidade de absorção de água da argamassa e, conjuntamente com a evaporação na face livre do revestimento, nos instantes iniciais, podem vir a surgir microfissuras na interface devido à retração plástica, que, por sua vez, pode diminuir a aderência. Por outro lado, blocos que succionam menos água da argamassa, supostamente com baixos valores de IRA, podem gerar também condições desfavoráveis na interface, com a criação de uma fina camada de água na região, o que gera, possivelmente, uma interface bastante porosa. Este tipo de ocorrência pode ser minimizado através de algum tipo de tratamento superficial do substrato, cujo objetivo é regularizar a absorção de água ou aumentar a rugosidade superficial.

Como exemplos de tratamento podem ser citados a aplicação de chapisco e o pré-umedecimento, mediante a aspersão de água através de broxa. Este procedimento, (pré-umedecimento) deve ser empregado com muita cautela. Uma “molhagem” exagerada pode reduzir excessivamente a absorção do substrato e, conseqüentemente, reduzir a “avidez” do material pela água da argamassa, o que prejudica a ancoragem mecânica devido à falta de penetração de produtos de hidratação dos aglomerantes no interior dos poros. Dependendo da situação, pode ser interessante a escolha de um ou outro tipo de bloco ou, ainda, a realização de tipos diferenciados de tratamentos de base. Em revestimento interno, que não está sujeito aos efeitos das intempéries e, em locais que não sejam necessários valores elevados de resistência de aderência, pode-se usar, por exemplo, bloco cerâmico sem utilização do pré-umedecimento da base. Para revestimentos externos, o uso do chapisco é obrigatório e, caso se busquem elevados valores de resistência de aderência (conforme limites de norma de forma a não prejudicar a deformação do conjunto). Os blocos de concreto, em geral, embora possam apresentar menor absorção total de água, costumam apresentar teores iniciais de absorção mais elevados, o que contribui fortemente para a aderência mecânica.

No caso dos tijolos cerâmicos, a porosidade é muito dependente das características de fabricação, notadamente a sua temperatura de sinterização. Artigo apresentado por Azevedo *et al.* (2018) evidenciam essa influência, correlacionando a aderência dos revestimentos de argamassa com a temperatura, com incremento de até 50% no seu comportamento quando o cozimento passa de 750°C para 950°C.

Todavia, além da microancoragem que governa na aderência, a importante macroancoragem é evidenciada pela rugosidade e geometria imposta às superfícies. Na microestrutura, os produtos da hidratação do cimento responsáveis pela ligação entre substrato e argamassa são os cristais de etringita e C-S-H (POLITO *et al.*, 2009), e, na macroestrutura a rugosidade pode influenciar na regulação da resistência ao cisalhamento. A Figura 10 mostra a relação dos cristais de etringita com a interface

Figura 10 - Cristais de etringita na interface do chapisco comum/concreto



Fonte: Silva, Libório (2003)

Contudo, Silva & Libório (2003) estudaram o mecanismo de aderência nos tijolos cerâmicos e concluíram que a extensa rede fibrosa entrelaçada de C-S-H crescendo na superfície da alvenaria é a principal responsável pela aderência mecânica.

Embora a aderência seja necessária em todas as camadas do sistema de revestimento de argamassa, o chapisco é a única que tem a aderência como função principal, uma vez que ancora a camada posterior, regulando a porosidade e uniformizando a absorção (MOTA, 2015; SANTOS; COSTA e SILVA; MOTA, 2019).

Observa-se que o chapisco é uma argamassa fluida, composta por traço em volume de 1:3 a 1:4, cimento e areia média ou grossa, sendo que este composto, após lançado na superfície, deve passar por um período de cura de três dias antes de receber o revestimento, com espessura máxima de 0,5cm (YAZIGI, 2004). Por sua vez, o comportamento das argamassas é função da base (limpeza e porosidade), do modelo do

processo de execução dos serviços (mão de obra) e da camada de ancoragem (THOMAZ, 2001).

As condições ambientais (temperatura ambiente, ventilação, umidade etc.) durante a execução do chapisco também podem influenciar no seu comportamento, o que pode ser atenuado a partir da execução da cura úmida. Moura (2007) estudou a cura em revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto e afirma que em todas as combinações (três tipos de argamassa de chapisco e de revestimento), o efeito do calor resultou na queda de resistência de aderência das amostras.

No que se refere ao uso da solução de cal, Voss (1933) observou, a partir de análises petrográficas e cristalográficas, que na interface entre argamassa e blocos cerâmicos se encontra uma camada de cálcio denominada de “camada de aderência” (microancoragem com predominância de etringita).

Na mesma linha, Chase (1985) mostrou que o povoamento de cálcio em base cerâmica forma uma estrutura cristalina mais densa nas interfaces das argamassas com os substratos cerâmicos, justificando assim, uma maior resistência de aderência mecânica.

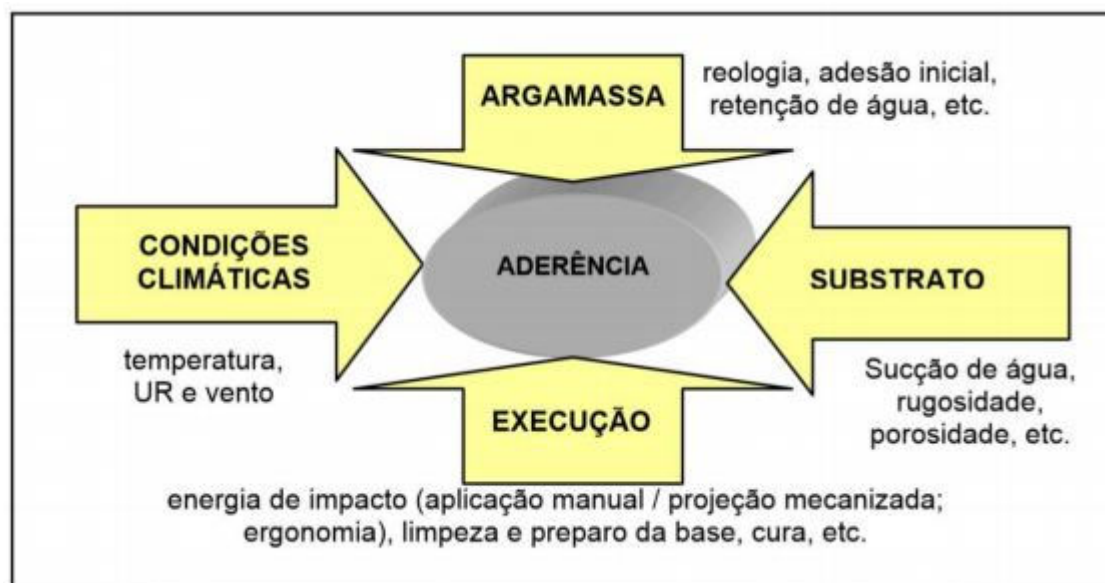
Scartezini; Carasek (2003), Mota *et al.* (2009), Costa e Silva *et al.* (2018) verificaram o efeito benéfico da solução de cal, sobre alvenarias de blocos cerâmicos e de concreto, na aderência de revestimentos de argamassas. Outro pesquisador que realizou estudo semelhante foi Angelim (2005), que concluiu que o revestimento aplicado sobre solução de cal apresentou resistência de aderência à tração superior ao aplicado sobre chapisco, entretanto o mesmo não foi verificado com argamassas industrializadas.

2.6.1. Fatores que influenciam a aderência

A cura dos materiais cimentícios melhora a hidratação do cimento, beneficiando a resistência mecânica e durabilidade, principalmente em ambientes secos e quentes. De acordo com Recena (2008), a insuficiência de água ao processo, para viabilizar o início das reações ou para garantir sua continuidade, desestimula a reação, comprometendo a formação dos silicatos de cálcio neoformados pela reação pozolânica em cimentos pozolânicos. A temperatura de cura e a duração da cura úmida são os fatores-chave para uma cura apropriada, já que a taxa de hidratação depende da temperatura ambiente em presença da umidade tanto quanto dependente da qualidade e quantidade dos materiais cimentícios presentes na mistura.

Altas temperaturas afetam ainda mais o desempenho das argamassas de chapisco. Em seu trabalho, Moura (2007) estudou a cura em revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto e afirma que em todas as combinações (três tipos de argamassa de chapisco e de revestimento), o efeito do calor resultou na queda de resistência de aderência das amostras. Logo, alguns desses aspectos, são apresentados na Figura 11.

Figura 11-Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas



Fonte: CARASEK, 2011.

Além disso, vale destacar que diversos critérios do ensaio de determinação da resistência de aderência também interferem nos valores dos resultados, além da variação dos dados. (LINK, 2000 *apud* COSTA, 2007).

2.7. Método de ensaio para avaliação de aderência à tração de revestimento

A aderência da argamassa ao substrato – seja de concreto ou blocos de qualquer tipo – varia de acordo com fatores como condições ambientais e métodos de aplicação do produto, e um dos instrumentos que permitem avaliar cada caso é o chamado ensaio de arrancamento, ou de aderência. O método é prescrito pela ABNT NBR 13.528 (ABNT, 2019) – Revestimentos de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

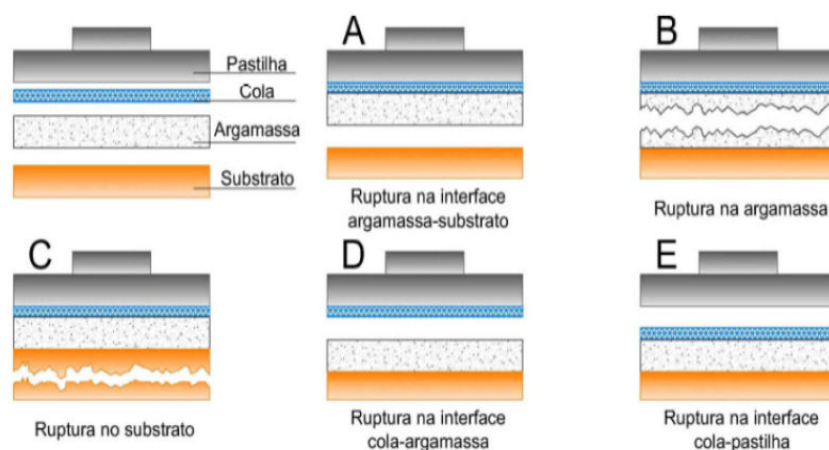
O teste de arrancamento verifica a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, ligação e acabamento), determinando o valor máximo da tensão de aderência suportada.

“O teste de arrancamento também serve para controlar processos de execução. Define os traços da argamassa, principalmente em relação à granulometria da areia, com o objetivo de evitar que edificações já ocupadas apresentem patologias, como o descolamento de placas na fachada. Realizado em painéis de no mínimo um metro quadrado, o arrancamento deve abranger tanto elementos estruturais quanto de vedação, sobre pontos a serem escolhidos aleatoriamente, inclusive no revestimento que está sobre juntas entre blocos. O recomendável é que as amostras sejam retiradas da fachada ainda no andar térreo – na face externa do edifício, utilizando um ou mais tipos de argamassas pré-selecionadas, industrializadas ou produzidas no canteiro, e sempre 28 dias após a aplicação da massa (para argamassas mistas ou de cimento e areia), ou 56 dias após (para argamassas de cal e areia).” (VOTORANTIM CIMENTOS, 2015, MAPA DE OBRA).

A preparação dos corpos de prova permite obter algumas informações ainda no canteiro, antes da realização dos serviços, tais como rigidez, aderência a substratos, resistência superficial da argamassa, entre outros.

Um aspecto que deve ser observado quando da realização do teste de arrancamento é que tão importante quanto os valores de resistência de aderência obtidos é a análise do tipo de ruptura. Figura 12 ilustra as formas de rupturas.

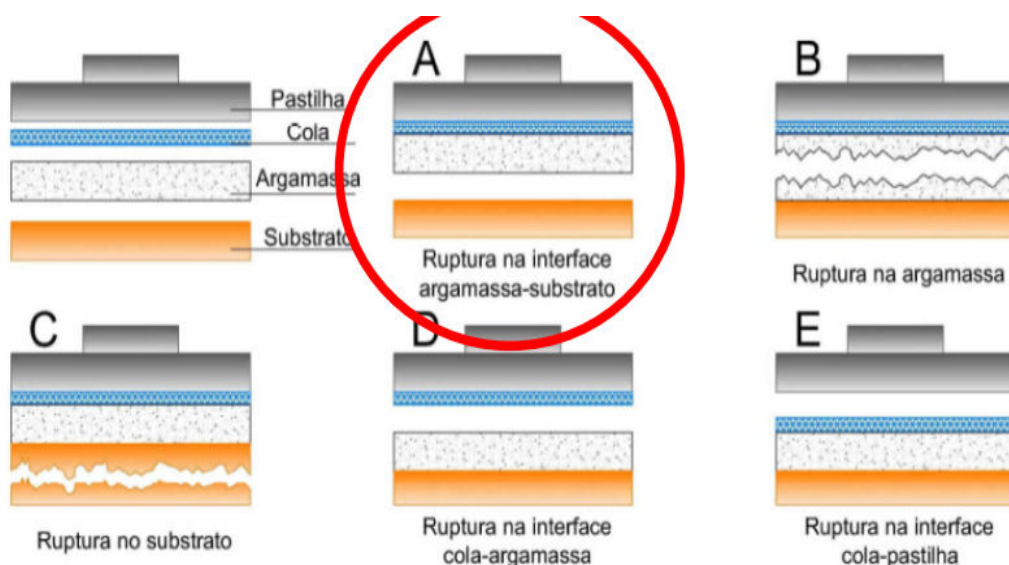
Figura 12-Análise do tipo de Ruptura.



Fonte: NBR13755:2017

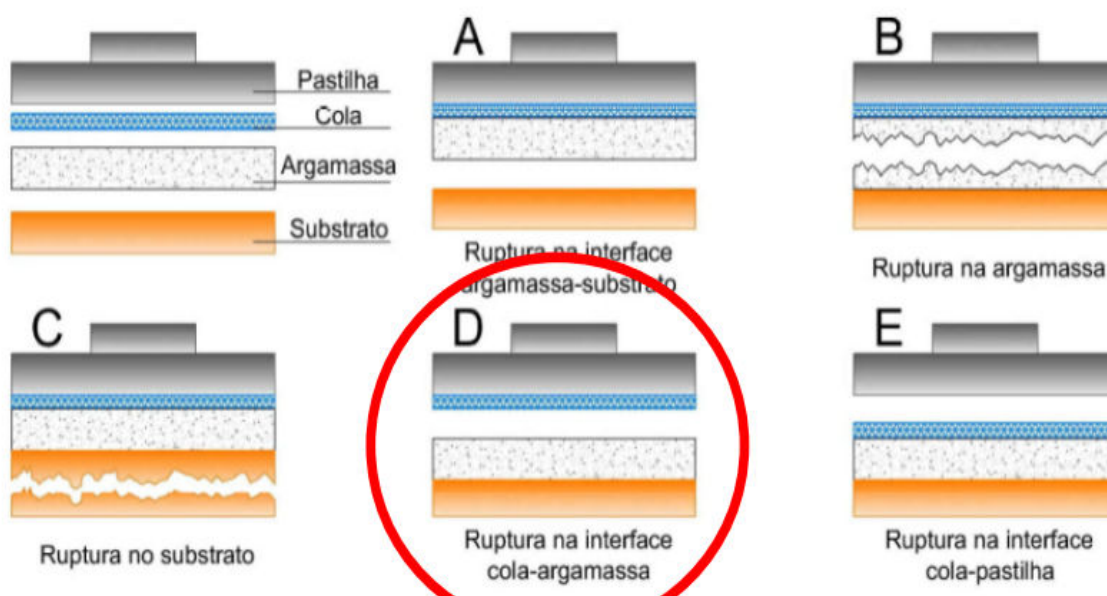
Quando a ruptura é do tipo coesiva, ocorrendo no interior da argamassa ou da base (tipos B e C), os valores são menos preocupantes, ao menos que apresentem valores realmente baixos. Por outro lado, quando a ruptura é do tipo adesiva (tipo A) como mostra a Figura 13, ou seja, ocorre na interface argamassa/substrato, os valores devem ser mais elevados, pois existe um maior potencial a extensão de aderência se configure melhorando a ancoragem entre os elementos de fixação.

Figura 13: Ruptura na interface argamassa-substrato



Fonte: NBR13755:2017

Figura 14: Ruptura na interface cola-argamassa

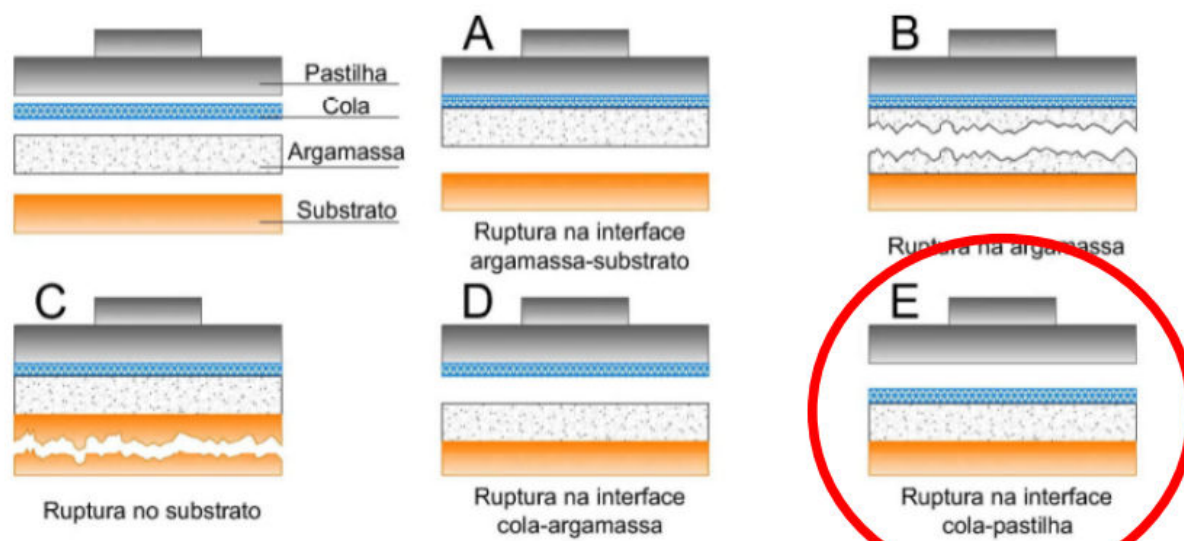


Fonte: NBR13755:2017

As rupturas indicadas nas

Figura 14 e Figura 15 é do tipo D é um defeito comum às colagens mal realizadas, ou até mesmo pela falta de limpeza, pois no ato da preparação dos ensaios, existe a necessidade do corte no material para ensaio, e a falta de limpeza do local pode acarretar um ponto negativo, tendo o mesmo que ser refeito ou desprezado.

Figura 15: Ruptura na interface cola-pastilha



Fonte: Notas de aula de Marianne R.M.Maron da Costa, 2006

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo experimental deste trabalho foi elaborado visando verificar a resistência de aderência do revestimento argamassado em dois substratos específicos, um cerâmico e outro de concreto, simulando o revestimento e substrato encontrado comumente em obra residencial, onde se observaram inúmeros problemas de aderência entre o revestimento e o substrato. Assim, através de experimentos de laboratório, verificou-se determinar se as condições do revestimento argamassado encontradas in loco também se reproduziriam em ensaios em local controlado.

Para avaliação do efeito do uso da água de amassamento adicionada com cal hidratada (teores de 0% (referência), 5%, 10% e 15%) na preparação de chapisco e emboço, o experimento foi elaborado a partir da confecção de painéis de alvenaria (220x180)cm executados com blocos cerâmicos e de concreto, ambos com função de vedação, revestidos com argamassas em 3 diferentes situações, como se segue:

- a) **Situação 1** – avaliação da influência da solução de cal em substituição à água de amassamento do emboço aplicado sobre chapisco convencional, misturado apenas com água;
- b) **Situação 2** – avaliação da influência da solução de cal em substituição à água de amassamento do chapisco aplicado sob emboço convencional, misturado apenas com água;
- c) **Situação 3** – avaliação da influência da solução de cal em substituição à água de amassamento do chapisco, sem aplicação do emboço.

Vale registrar que as situações 1 e 2 se justificam pela busca da verificação da aderência do sistema construtivo de revestimento completo (com adição de teores de cal somente no chapisco, ou somente na argamassa de revestimento industrializada, em relação ao cimento), e, a situação 3 se justifica por se tratar da contribuição tecnológica para aderência pura na interface da argamassa de preparo da base (chapisco) à parede com a base em bloco cerâmico, predominante em obras correntes no país.

3.1. Materiais

Foram executadas alvenarias com blocos cerâmicos e com bloco de concreto, com posterior preparo da base (chapisco) e revestimento argamassado industrializado, objetivando verificar a resistência de aderência à tração, de tal forma que os materiais utilizados foram, a saber:

- Cimento Portland: CP II Z – 32;
- Cal hidratada: CH-I;
- Agregado miúdo: natural de origem quartzosa com diâmetro máximo característico 4,8 mm, módulo de finura 2,28.
- Argamassa industrializada: para revestimento sobre chapisco, muito utilizada na Região, sendo adquirido em armazém de construção. É sabido que, a especificação desse material para o revestimento buscou estabelecer características dessa camada o mais homogêneo possível;
- Água de amassamento: potável e fornecida pela companhia local de abastecimento (Compesa).

Para a caracterização dos diferentes blocos, foram realizados ensaios para a determinação do Índice de Absorção de Água Inicial (IRA), conforme recomenda a norma ASTM C67-19. Para este ensaio, a umidade é previamente seca em estufa por 48 horas a uma temperatura de 100°C a 110°C, sendo em seguida resfriada por um período de 4 horas em temperatura ambiente, momento em que é determinada a sua massa seca. Posteriormente, os blocos são imersos em uma lâmina de água de aproximadamente três (3)mm durante 1 minuto, a partir disso, todo o excesso de água é retirada da superfície em contato em seguida é determinada a sua massa úmida, conforme Figura 16 mostra a determinação do processo de absorção inicial dos blocos cerâmicos. O cálculo do índice de absorção de água inicial do bloco é dado pela Equação

$$TSI = (P_i - P_a)/A$$

Onde, TSI = índice de absorção de água inicial (g/cm².min); P_i = peso (gramas) da unidade depois de imersa por 1 minuto; P_a = peso (gramas) da unidade seca em estufa por 24 horas; A = área em cm² da face da unidade em contato com a água.

Segundo (BAUER, 2005), a relação do IRA com a resistência de aderência não é consenso. Algumas das críticas feitas a este processo de determinação, é o fato do tempo para de execução do ensaio ser relativamente curto para que se tenha um mecanismo de transporte de água, uma vez que as forças capilares continuem atuando durante um período mais prolongado, outrossim ele menciona que o referido processo ocorre em uma água “livre” e não é realizado em uma água “restringida” que compõe a argamassa fresca.

Figura 16 – Ensaio de Absorção inicial (IRA).



Fonte: Autor(2019)

É citado ainda que essa absorção de água livre (determinação do IRA) não é impedida por vários tipos de forças que atuam em uma argamassa. Estas forças são: forças capilares, adsorção física pelos componentes da argamassa e, em fase posterior, a ligação química da água devido à evolução na hidratação do aglomerante (cimento). Na realidade, substrato e argamassa devem ser considerados como dois sistemas de poros independentes e a interação entre estes sistemas determina o fluxo de água.

Para a caracterização das propriedades mecânicas dos blocos foram realizados ensaios de resistência à compressão na mesma posição em que as peças foram utilizadas na elevação dos painéis, com os furos posicionados em galga, para os blocos cerâmicos. Antes da realização dos ensaios foi efetuado capeamento com pastas de cimento, a fim de regularizar as superfícies para recebimento das cargas horizontais (). Em ambos os casos foi utilizada prensa hidráulica calibrada, com capacidade nominal de 200 toneladas, além do posicionamento de chapas metálicas com espessura de 2 polegadas com o objetivo de permitir a transferência uniforme das cargas em todas a superfície das amostras ensaiadas, conforme determinam a NBR15270-1 e NBR12118.

Figura 17- Ensaio de compressão em blocos cerâmicos



Figura 18 - Ensaio de compressão em blocos de concreto



Fonte: Autor, 2019.

3.2. Preparação das amostras

Para a realização do estudo foram confeccionados 3 painéis parede, com dimensões de (220x180)cm, sendo um com blocos de concreto e dois em blocos cerâmicos, a fim de que um deles pudesse ficar em uma área externa do laboratório, simulando condições de campo (bloco cerâmico), e os outros dois nos seus ambientes internos, os três painéis para estudo, foram erguidos no mesmo dia, e revestidos com o mesmo materiais. Para uma melhor orientação, serão explicados a seguir os detalhes da preparação das amostras nas 3 condições de ensaio concebidas para a pesquisa.

3.2.1. Situação 1 e 2: chapisco e emboço misturados com solução de cal

Como anteriormente comentado, para essas condições foram confeccionados painéis de alvenaria com blocos cerâmicos e de concreto, ambos com função de vedação, seguidos da aplicação de chapisco e emboço, com espessuras médias de 5mm e 20mm, respectivamente. A Figura 19 mostra as paredes construídas no interior do laboratório para ensaios de aderência.

Figura 19 - Parede de blocos cerâmicos sendo chapiscada.



Fonte: Autor, 2019.

A quantidade de água de amassamento adveio da mínima necessária para uma trabalhabilidade identificada como adequada para espessura de 5 mm de chapisco. Sabe-se que, a reduzida relação água cimento do chapisco mitiga a porosidade na interface entre pasta e substrato, bem como a cal eleva a extensão de aderência (CARASEK, 1996; MOTA, 2006; SILVA, 2004).

Tabela 11-Definições das famílias de estudo blocos cerâmicos

Famílias	Percentuais de adição de cal ao Chapisco (%)	Percentuais de adição de cal ao Emboço (%)
1	0	0
2	5	0
3	10	0
4	15	0
5	0	0
6	0	5
7	0	10
8	0	15

Fone: Autor, 2019.

Tabela 12-Definições das famílias de estudo blocos de concreto

Famílias	Percentuais de adição de cal ao Chapisco (%)	Percentuais de adição de cal ao Emboço (%)
9	0	0
10	5	0
11	10	0
12	15	0
13	0	0
14	0	5
15	0	10
16	0	15

Fonte: Autor,2019.

Em todos os casos, a preparação da base (chapisco) ocorreu 24 horas após a elevação das paredes. Importante ressaltar que os prazos executivos estabelecidos em normas são maiores do que esse, porém se optou por esse encurtamento por se tratar de painéis de pequenos tamanhos, executados em ambientes controlados. A cura inicial foi efetuada borrifando água durante 3 dias seguidos após aplicação do chapisco. Todas as atividades foram realizadas pelo mesmo oficial pedreiro, com o intuito de evitar distinção dos efeitos das operações nos resultados dos ensaios.

Foram criadas as famílias com adição de cal ao chapisco convencional para alvenaria de blocos tanto cerâmico (Famílias de 01 até 08) como concreto (Famílias 09 até 16), nas proporções 0%(referência), 5%, 10% e 15% em relação à água utilizada na mistura.

O traço do chapisco foi em volume 1:3:0,8 (cimento, areia, relação água cimento), e, o traço para elevação das alvenarias foi em volume 1:1:6:1,5 (cimento, cal, areia e relação água cimento). A quantidade de água de amassamento adveio da mínima necessária para uma trabalhabilidade identificada como adequada para espessura de 5 mm de chapisco.

Em todos os casos, a preparação da base (chapisco) ocorreu 24 horas após a construção das paredes. Foi efetuada cura com água durante 3 dias seguidos após aplicação do chapisco. Decorrido esse período de cura do chapisco, foi aplicada por meio de projeção manual a argamassa de revestimento industrializada sobre os 2 painéis, utilizando a quantidade de água estabelecida pelo fornecedor do produto, todos com uma espessura média de 20 mm. Todas as atividades foram realizadas pelo mesmo oficial pedreiro, com o intuito de evitar distinção dos efeitos das operações nos resultados dos

ensaios, conforme figura a seguir.

Nas Figura 20, Figura 21, pode-se verificar todos os processos de aplicação do chapisco nas paredes de bloco cerâmico e de concreto, onde após a cura nas figuras

Figura 22 e Figura 23 foi realizada a identificação das respectivas famílias para preparação da aplicação da argamassa de emboço.

Figura 20 - Parede com blocos de concreto com chapisco com cal.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 21 - Parede chapiscada sem solução de cal



Fonte: autor, 2019.

Figura 22: Famílias base blocos de concreto com solução de cal



Fonte: Autor, 2019.

Figura 23-chapiscadas prontas bloco cerâmica.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 24-Aplicação do emboço (Blocos cerâmicos)



Fonte: Autor,2019.

Decorridos 28 dias, foram realizados ensaios para determinação da resistência de aderência à tração (18 pontos por família) por um profissional específico, experiente e capacitado seguindo os procedimentos descritos na NBR 13528.

Foi estabelecida a escolha dos pontos para os ensaios, na Figura 25 que foi realizada uma marcação horizontal e vertical nas alvenarias, a fim de se evitar que os pontos definidos para serem arrancados, se posicionassem sobre as juntas de assentamento das alvenarias, desta forma assegurando que os ensaios de arrancamento fossem efetuados exclusivamente sobre a base, sem comprometer os resultados.

Figura 25 – Vista do painel com bloco cerâmico durante a aplicação da argamassa de emboço



Fonte : Autor,2019

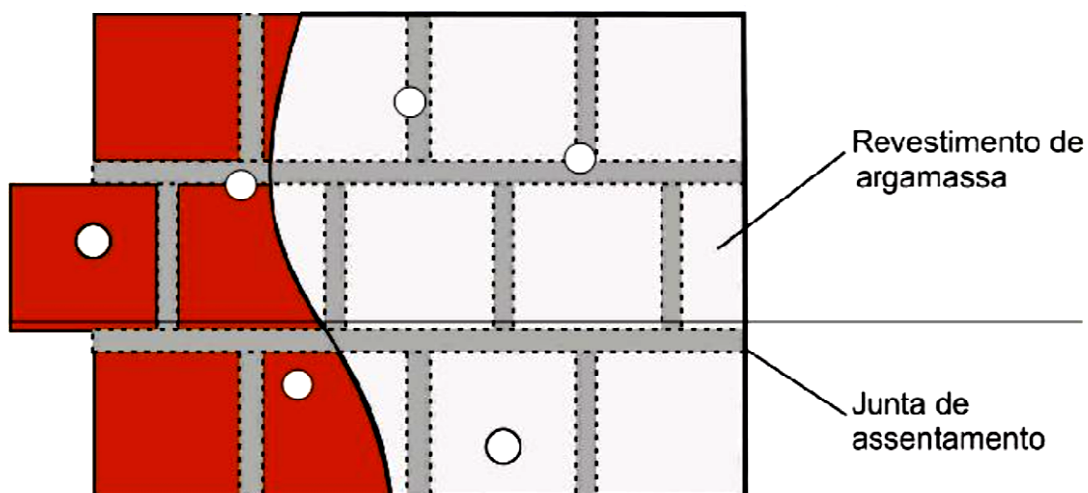
Figura 26-Definição das famílias(blocos de concreto).

F_9 CC 0%	F_{10} CC 5%	F_{11} CC 10%	F_{12} CC 15%

Fonte : Autor,2019.

Os testes foram efetuados em corpos de prova circulares com 50 mm de diâmetro, sendo o aderímetro instalado sobre pastilhas metálicas coladas com adesivo epóxi de alta aderência.

Figura 27-Posição dos Corpos de prova para realização dos ensaios



----- Posição das juntas de assentamento sob o revestimento

○ Localização dos pontos de ensaio sobre os blocos

Fonte: NBR 13528: 2019.

O ensaio foi realizado com um transdutor de força, equipamento de tração, marca ALFA INSTRUMENTOS (indicador para máquinas de ensaio 3105C), número de série 10F0E6, classe de exatidão III, fabricação 04/2014, e instrumentação eletrônica associada digital, marca ALFA INSTRUMENTOS, faixa nominal de 5 dígitos e 1 ponto, seguindo-se os procedimentos definidos na norma NBR 13528 (ABNT,2019), equipamento calibrado em 30/07/2019 (CALIBRATEC – MG).

Foi tomado o devido cuidado para que as juntas de assentamento, de ambas as bases erguidas, fossem devidamente evidenciadas para se evitar qualquer colagem do exemplar de ensaio nessa região o que poderia influenciar no resultado ensaio. Utilizou-se adesivo epóxi de alta aderência (Sikadur 31 - Sika). Foram coladas pastilhas metálicas nos corpos de prova de cada revestimento com uma cola plástica de rápida secagem. Esta proporciona resistências maiores que o revestimento pode suportar, garantindo a aderência da pastilha no revestimento para colagem das pastilhas circulares para o ensaio da resistência de aderência à tração dos revestimentos, sendo o corte da argamassa realizado com disco de corte (serra de copo).

Figura 28: Colagem das placas de aderência



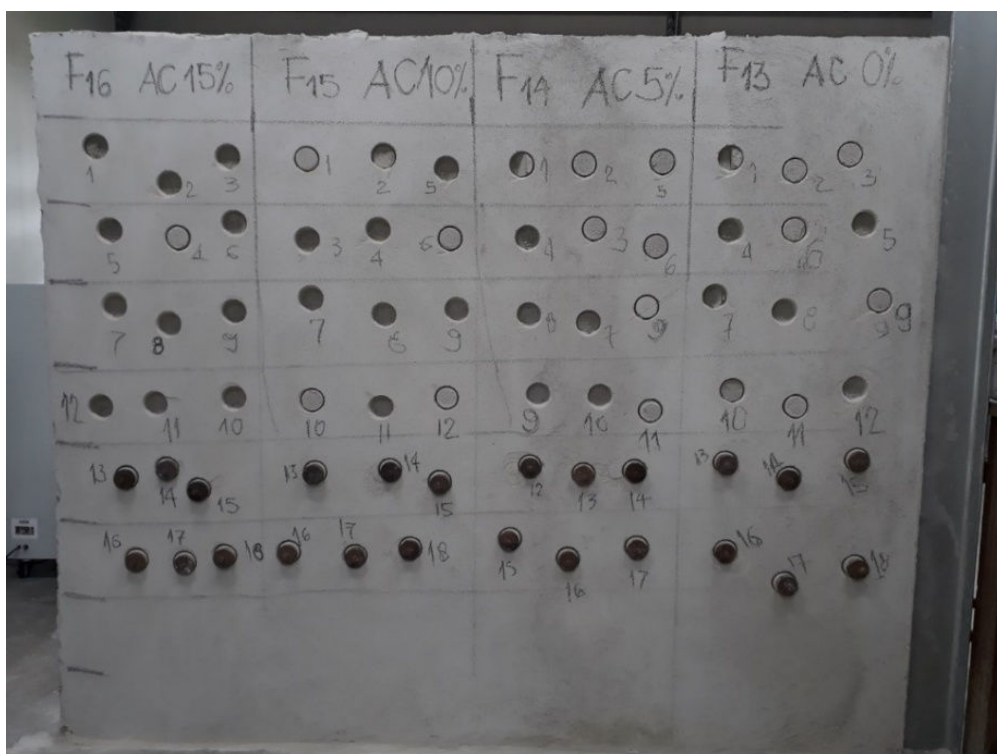
Figura 29: Ensaio de Aderência



Fonte: Autor, 2019.

Após a ruptura anotou-se a carga que o aparelho apresentava, a forma de ruptura e o diâmetro do corpo de prova em dois locais para o cálculo da área. Como o aparelho já fornecia os dados em carga (kgf) para corpos de prova de 50mm, fez-se necessário uma conversão para obtermos a real tensão de ruptura no ensaio

Figura 30-Exemplo da parede e bloco de concreto ensaiada (Famílias13 à16)



Fonte: Autor, 2019.

Figura 31 - Verificação da espessura do arrancamento.



Fonte: Autor, 2019.

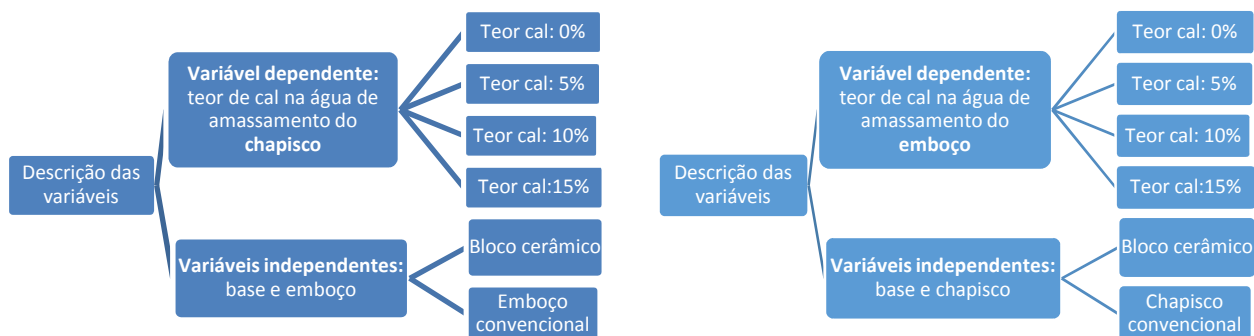
Figura 32- Forma de rupturas.



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 33 apresenta, de forma ilustrativa, as variáveis utilizadas nas duas situações de estudo realizadas na pesquisa.

Figura 33 – Fluxograma do experimento (situações 1 e 2)



Fonte: Autor, 2019.

A fim de assegurar homogeneidade, em ambos os casos foi utilizada argamassa de emboço industrializada, indicada pelo fornecedor como específica para revestimento em ambientes externos.

Tanto para a mistura do emboço quanto do chapisco, a água de amassamento utilizada foi preparada adotando os diferentes teores de cal estabelecidos na pesquisa. Por exemplo, utilizou-se 50g de cal hidratada para cada 1000ml de água, no caso da proporção de 5%, e 100g e 150g para as proporções de 10% e 15%, respectivamente.

Para a definição da quantidade de solução de cal empregada nas misturas foi adotado como referência a proporção de 8,2litros para cada 10kg, no caso das amostras de chapisco, e de 16 litros de água para cada 100kg de argamassa industrializada, para as famílias de emboço. Tais quantidades foram estabelecidas de modo que apresentassem uma consistência adequada para aplicação nas paredes.

A aplicação dessa argamassa foi efetuada por meio de projeção manual, seguido de cura úmida por 3 dias seguidos. Todas as atividades foram realizadas pelo mesmo oficial pedreiro, com o intuito de evitar distinção dos efeitos das operações nos resultados dos ensaios(Figura 25).

3.2.2. Situação 3: chapisco com solução de cal – sem emboço

O chapisco utilizado foi preparado com uma proporção, em volume, de 1:3:0,8 (cimento Portland CPIIZ-32, areia grossa, relação água/cimento), exclusivamente sobre

base de blocos cerâmicos de vedação, com teores de adição de cal na água de amassamento de 0%, 5%, 10% e 15%. Passados 18 meses após a preparação dos painéis foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração, diretamente sobre o chapisco, conforme procedimentos descritos na NBR 13528 (ABNT, 2019).

A opção pelo prolongado tempo de cura para realização desse ensaio objetivou também analisar a influência da exposição da parede às intempéries, posto que o painel, nesse caso, ficou em ambiente externo ao laboratório por todo o período (Figura 34).

Figura 34 – Parede de alvenaria de blocos cerâmicos executado no ambiente externo do laboratório.



Fonte: autores,2019

Os ensaios foram realizados em corpos de prova circulares com 50 mm de diâmetro, sendo o aderímetro instalado sobre peças metálicas coladas com adesivo epóxi de alta aderência (Figura 35). O detalhe relevante para obter uma superfície adequada (lisa e regular) para colagem da pastilha metálica sobre o chapisco foi a instalação de um gabarito de PVC com 50mm de diâmetro, fixado com silicone, de tal forma que após 24 horas fosse preenchido com epóxi para posterior colagem das pastilhas metálicas, também com epóxi. Nesse contexto, o ensaio poderia ser realizado avaliando a resistência de aderência à tração exclusivamente do próprio chapisco na interface com a base.

Figura 35 – Colagem da peça metálica sobre o chapisco (esquerda) e posicionamento do aderímetro (direita).



Fonte: autores,2019

Assim como na condição anteriormente descrita, as peças metálicas foram posicionadas apenas sobre a superfície dos blocos cerâmicos, e a análise estatística foi efetuada a partir da análise de variância (ANOVA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma melhor avaliação do estudo, inicialmente serão apresentados os valores obtidos durante a caracterização dos materiais empregados (blocos e argamassas), seguido dos resultados dos ensaios de aderência referentes às análises da influência da adição da cal nas amostras de chapisco e emboço.

4.1. Ensaio de caracterização dos materiais

Para a confecção das diversas argamassas foi utilizado cimento Portland CP II Z-32, cujas características físicas e químicas estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3- Características do cimento

Determinação (CP II Z-32)		Resultados	
Caracterização Física	Densidade Aparente (g/cm ³)	1,2 g/cm ³	
	Massa Específica (g/cm ³)	3,09 g/cm ³	
	Resistência à Compressão	28 dias (MPa) 39,5	
Caracterização Química (%)	Composição potencial do Clínquer	C ₃ S	20 – 70
		C ₂ S	10 – 60
		C ₃ A	1 – 15
		C ₄ AF	5 – 15
	CaO / cal livre		0-2
MgO / SO ₃		0-6	

Fonte: Fabricante (2019).

Da mesma forma, a cal hidratada empregado ao longo do trabalho foi do tipo CHI, cálcica, e suas principais características estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4- Características da cal hidratada

Descrição	Resultados
Mineral	Calcário
Anidrido Carbônico – CO ₂	≤ 2,21
Ca(OH) ₂	≥ 92,5 %
Anidrido Sulfúrico – SO ₃	≤ 0,05
Mg(OH)	≤ 5,0 %
SiO ₂	≤ 1,3 %
Umidade	≤ 2,0 %
Densidade Aparente	0,56 g/cm ³

Fonte: Fabricante (2019).

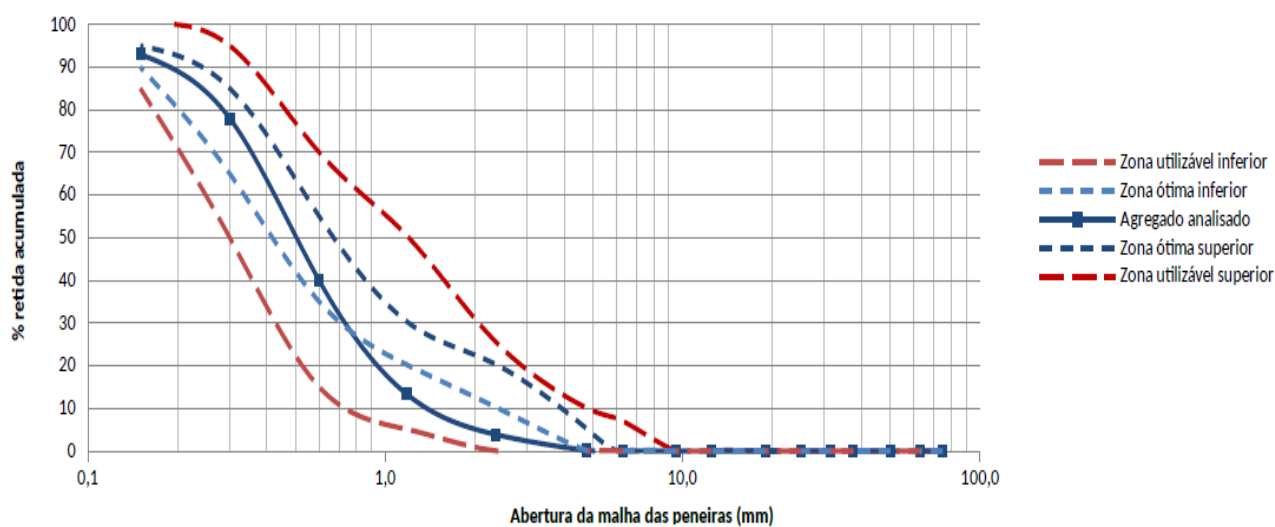
Foi utilizado agregado miúdo areia natural de natureza quartzosa. Esse material foi caracterizado conforme descrevem o Quadro 5 e a Figura 36.

Quadro 5- Características do agregado miúdo.

Descrição	Resultados
Massa unitária	1,3g/cm ³
Módulo de finura	2,28
Diâmetro máximo	2,36 mm
Teor de material pulverulento (%)	2,38%

Fonte: Fabricante (2019).

Figura 36-Curva granulométrica do agregado miúdo utilizado.



A caracterização dos blocos cerâmicos e de concreto usados na pesquisa está apresentada na Tabela 13, que identifica os valores médios dos resultados obtidos segundo a NBR15270-1 (ABNT, 2017). Em cada caso foram ensaiadas 19 amostras, sendo 13 para resistência à compressão e as demais para caracterização geométrica e determinação de índices físicos (absorção e IRA). No caso dos blocos de concreto os procedimentos de ensaio atenderam às determinações apresentadas na NBR12118 (ABNT, 2013).

Tabela 13- Características dos blocos utilizados.

Base	Dimensões (L x C x A) cm	Absorção total (%)	Resistência à compressão Média (MPa)	IRA – Initial Rate of Absorption (g/200cm ² /min)
Bloco Cerâmico	9x19x19	14,6	2,8	12,1
Bloco de Concreto	9x19x39	6,2	4,0	16,9

Fonte: Autor, 2019

Figura 37- Blocos cerâmicos utilizados



Fonte: Autor, 2019.

Figura 38 - Blocos e concreto utilizados



Fonte: Autor, 2019.

Para o chapisco avaliou-se suas propriedades endurecidas para cada uma das famílias com a respectiva adição dos percentuais de cal na água de amassamento do chapisco, as Figura 39 e Figura 40 descrevem a realização dos ensaios conforme a norma NBR13279, neste caso os aspectos mecânicos da argamassa foram realizados no estado endurecido.

Figura 39- Ensaio de tração na flexão em barras de argamassa



Figura 40- Ensaio de compressão nas barras de argamassa



Fonte: Autor,2019

Os gráficos 3 e 4, apresentam o comportamento do crescimento da resistência em ambos os aspectos nos ensaios desenvolvidos, tanto na tração na flexão, bem como na compressão das barras de argamassas confeccionadas com o traço do chapisco e suas respectivas adições de cal as famílias estudadas.

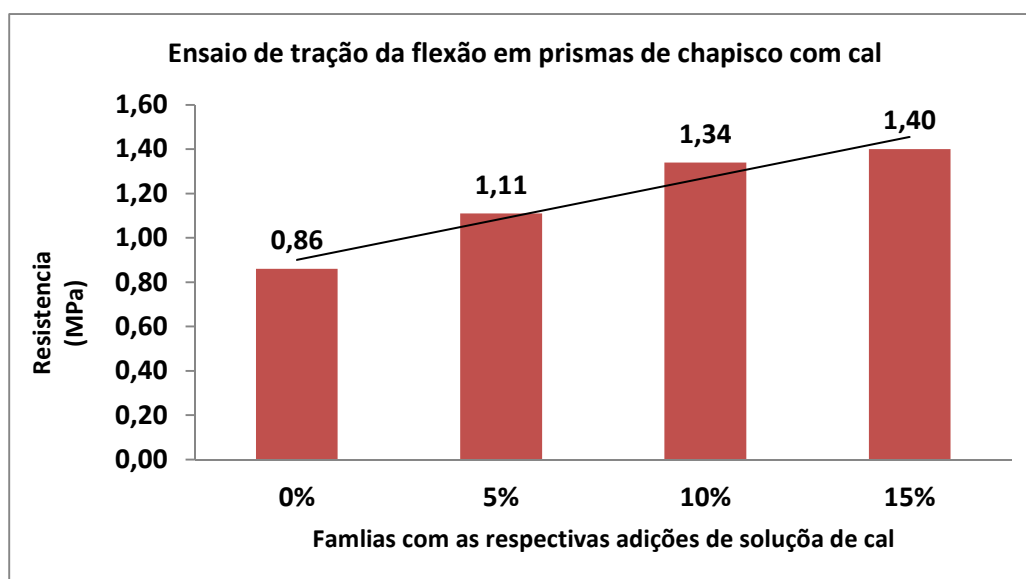


Gráfico 3 - Resistência à tração em prismas de argamassa

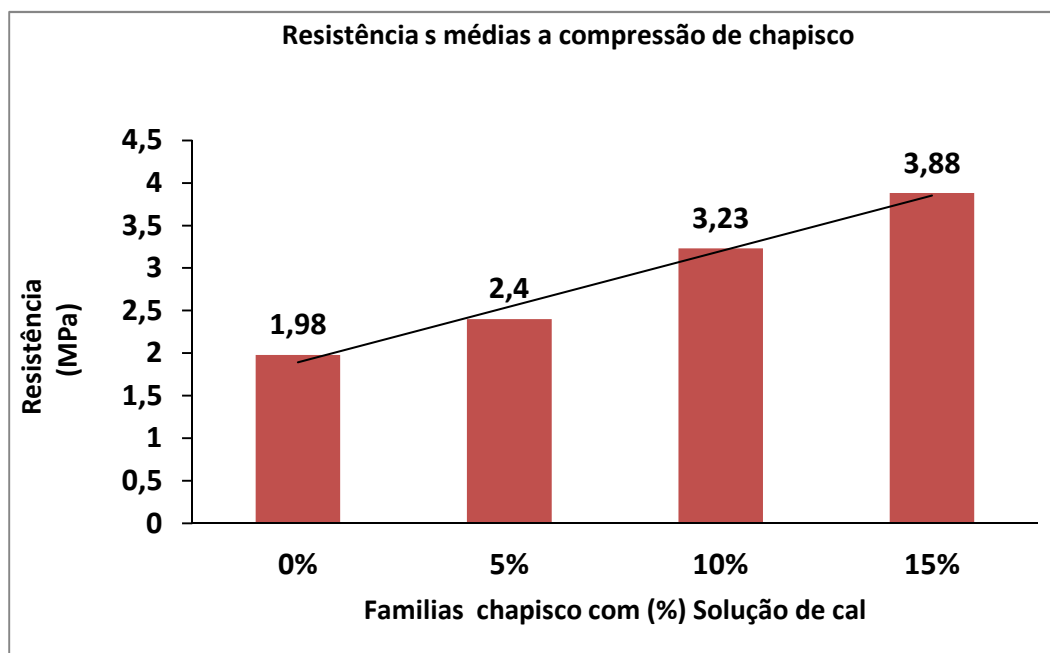


Gráfico 4 - Resistência à compressão chapisco

4.2. Ensaio de resistência de aderência

Para facilitar o entendimento dos resultados, a apresentação e discussão serão separadas conforme as condições de estudo anteriormente descritas.

4.2.1. Situação 1 – influência da solução de cal na água de amassamento do emboço

As Tabela 14, Tabela 15 apresentam os resultados de resistência de aderência à tração das famílias 5 a 8 (painel composto de blocos cerâmicos) e da 13 a 16 (painel composto de blocos de concreto) cuja aplicação do emboço houve adição de solução de cal, respectivamente com 0, 5, 10 e 15%, não havendo adição de cal na produção do chapisco. (resultados completos em planilha no apêndice).

Tabela 14-Valores médios obtidos da resistência à aderência do emboço com solução de cal a base chapiscada, sem adição de cal nos blocos cerâmicos

Tipo de preparo da base	Família 5	Família 6	Família 7	Família 8
Média (MPa)	0,21	0,23	0,19	0,25
Coef. Variação (%)	41	28	49	34

Fonte: Autor, 2019

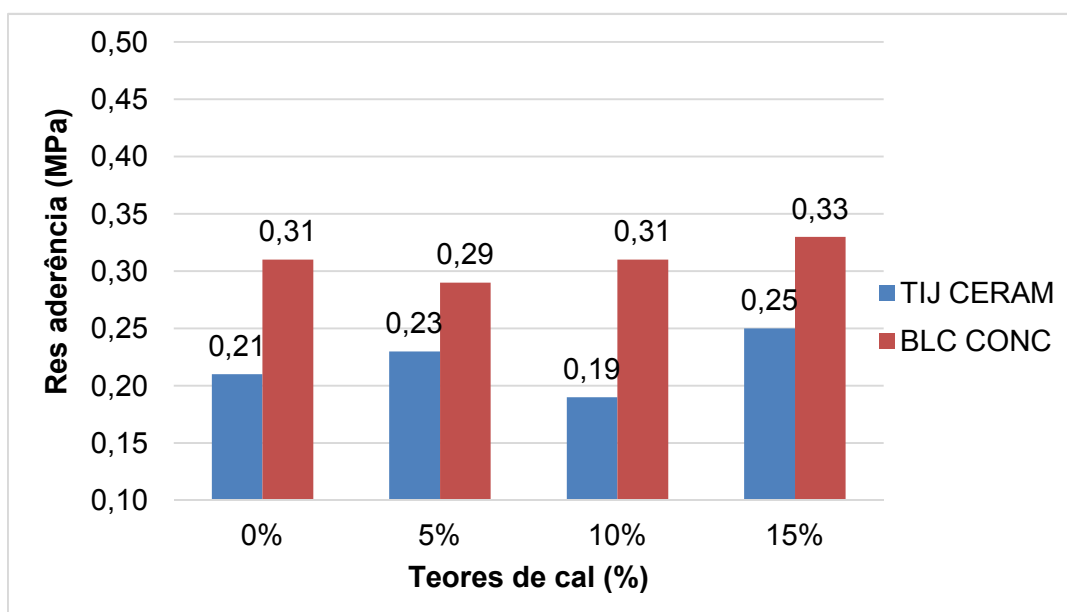
Tabela 15-Valores médios obtidos da resistência à aderência do emboço com solução de cal a base chapiscada, sem adição de cal nos blocos de concreto

Tipo de preparo da base	Família 13	Família 14	Família 15	Família 16
Média (MPa)	0,31	0,29	0,31	0,33
Coef. Variação (%)	42	43	44	39

Fonte: Autor, 2019

Os resultados obtidos nessa situação estão apresentados na Figura 41, que indicam o valor médio encontrado em 18 amostras ensaiadas para cada família de estudo.

Figura 41 – Influência da solução de cal utilizada na água de amassamento do emboço



Fonte: Autor, 2019

A julgar pelas médias encontradas se percebe que a contribuição da solução de cal na argamassa de emboço não se mostrou expressiva, o que pôde ser comprovado a partir da análise de variância (ANOVA) realizada com intervalo de confiança de 95%, onde não foi observada diferença significativa entre as amostras (Quadro 6).

Importante destacar que, nesses casos, a ruptura predominante foi do tipo coesiva, em sua maioria no corpo da própria argamassa de emboço, o que dificulta uma análise mais efetiva da eventual contribuição na aderência na interface entre as camadas.

Quadro 6 – Análise de variância (influência da solução de cal no emboço), com nível de significância de 95%.

Influência	F _{calculado}	F _{crítico}	Diferença significativa
Bloco de concreto			
Referência (0%) x 5%	0,13	4,13	Não
Referência (0%) x 10%	0,005	4,13	Não
Referência (0%) x 15%	0,3	4,13	Não
Tijolo cerâmico			
Referência (0%) x 5%	1,25	4,13	Não
Referência (0%) x 10%	0,44	4,13	Não
Referência (0%) x 15%	3,82	4,13	Não

Fonte: Autor, 2019

4.2.2. Situação 2 – influência da solução de cal na água de amassamento do chapisco

As Tabela 16 e Tabela 17, apresentam os resultados de resistência de aderência à tração para as famílias de 1 a 5 (painel composto de blocos cerâmicos) e de 9 a 12 (painel composto de blocos de concreto) cuja aplicação do chapisco houve adição da solução de cal, respectivamente com 0, 5, 10 e 15%, não havendo adição de cal ao preparo da argamassa de emboço. (resultados completos em planilha no apêndice).

Tabela 16-Valores médios obtidos da resistência à aderência da base chapiscada com solução de cal a, sem adição de cal no emboço nos blocos cerâmicos

Tipo de preparo da base	Família 1	Família 2	Família 3	Família 4
Média (MPa)	0,21	0,25	0,27	0,23
Coef. Variação (%)	41	29	22	36

Fonte: Autor, 2019

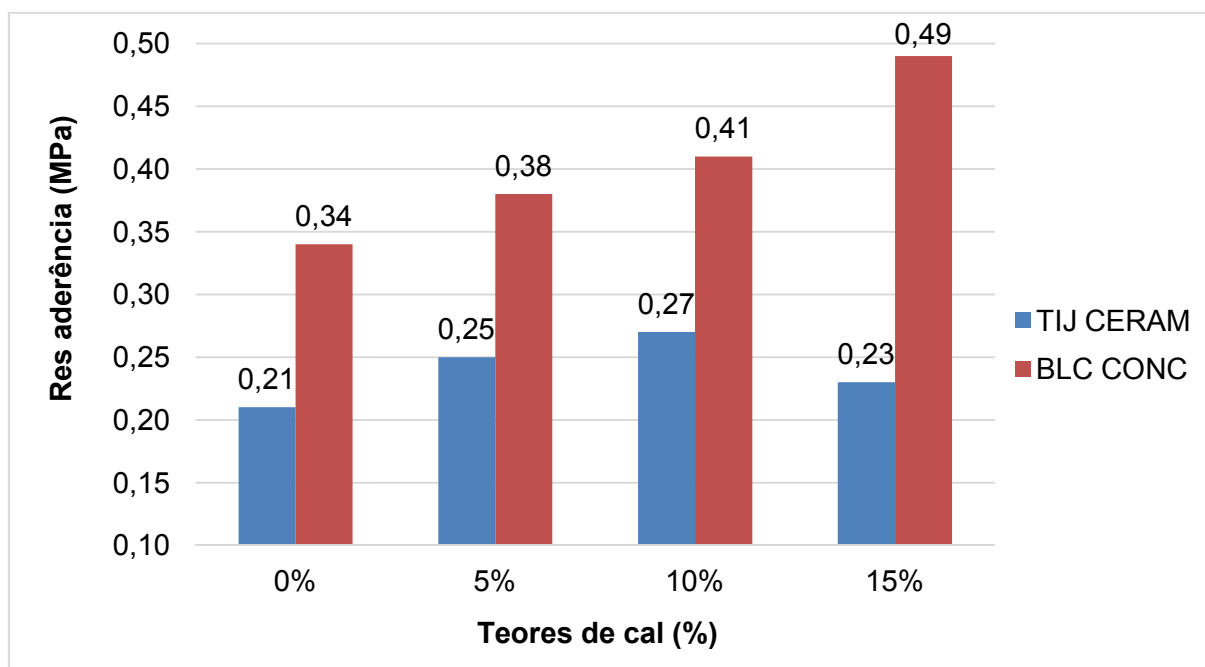
Tabela 17- Valores médios obtidos da resistência à aderência da base chapiscada com solução de cal a, sem adição de cal no emboço nos blocos de concreto

Tipo de preparo da base	Família 9	Família 10	Família 11	Família 12
Média (MPa)	0,34	0,38	0,41	0,49
Coef. Variação (%)	33	42	33	33

Fonte: Autor, 2019

Assim como na situação anterior, os valores encontrados estão apresentados na Figura 42, também obtidos a partir da média de 18 amostras ensaiadas para cada família.

Figura 42 - Influência da solução de cal utilizada na água de amassamento do chapisco.



Fonte: Autor, 2019

Ao contrário do que foi observado no caso do emboço, para o chapisco foi identificada influência significativa da solução de cal na aderência, especialmente para os teores de 15%, para o caso dos blocos de concreto, e de 10% para os tijolos cerâmicos (Quadro 7).

Em comparação com a referência (teor de 0% de cal), foram percebidos ganhos de 12%, 21% e até 44% para o teor de 15% de cal na mistura, para os blocos de concreto, e de 19%, 29% e 10% para os tijolos cerâmicos. Esses resultados apontam para uma influência mais marcante no caso dos blocos de concreto, o que pode ser decorrente da sua natural maior rugosidade e sucção inicial, características que tornam a base mais

sensível às alterações na superfície de contato com a argamassa, ocasionado pela micro ancoragem decorrente do travamento mecânico dos cristais produzidos na hidratação do cimento (C-S-H e, fundamentalmente, etringita) nos seus poros (princípio dos poros ativos).

Quadro 7 – Análise de variância (influência da solução de cal no chapisco), com nível de significância de 95%

Influência	F _{calculado}	F _{crítico}	Diferença significativa
Bloco de concreto			
Referência (0%) x 5%	0,86	4,13	Não
Referência (0%) x 10%	2,90	4,13	Não
Referência (0%) x 15%	11,1	4,13	SIM
Tijolo cerâmico			
Referência (0%) x 5%	3,21	4,13	Não
Referência (0%) x 10%	6,80	4,13	SIM
Referência (0%) x 15%	0,94	4,13	Não

Interessante notar ainda uma leve queda nos valores alcançados na família de estudos com 15% de cal para o caso dos tijolos cerâmicos, o que pode indicar um teor ótimo potencial para esse tipo de aplicação para esse tipo de base.

Os resultados obtidos nas duas situações, além de indicar a maior importância de adição de cal na camada de chapisco, também apontou maiores aderências em alvenaria com bloco de concreto quando comparados com tijolo cerâmico. Esta constatação pode ser justificada considerando que a superfície mais lisa e densa desse elemento, que proporciona maiores dificuldades para a microancoragem e macroancoragem.

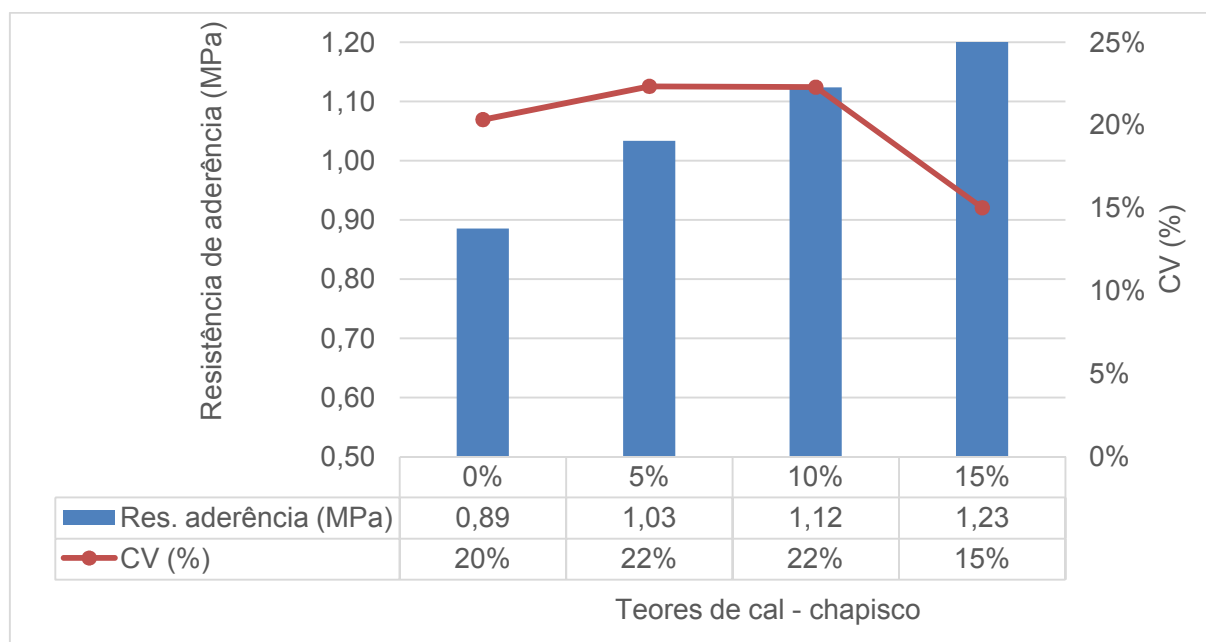
4.2.3. Situação 3: chapisco aplicado sobre a base em blocos cerâmicos – sem emboço

Os resultados dos ensaios estão apresentados na Figura 43, indicando os valores médios e os respectivos coeficientes de variação obtidos nas 12 amostras ensaiadas para cada família de estudo.

A partir desses dados se pode verificar uma tendência de incremento na aderência entre o chapisco e a base com o aumento no teor de cal utilizado na água de amassamento do chapisco, com ganhos potenciais de 17%, 27% e até 39% em relação à referência com o chapisco tradicional, sem o emprego da cal. Esses resultados corroboram o comportamento esperado para essa interface em estudos similares a partir

da utilização da solução de cal como uma alternativa para a melhoria na interface com blocos cerâmicos, também confirmado pela análise de variância obtida (Quadro 8).

Figura 43 – Gráfico indicativo dos ensaios de resistência de aderência à tração



Quadro 8 – Análise de variância (influência da solução de cal no chapisco sem emboço), com nível de significância de 95%.

Influência	F _{calculado}	F _{crítico}	Diferença significativa
Referência (0%) x 5%	3,06	4,3	Não
Referência (0%) x 10%	7,10	4,3	SIM
Referência (0%) x 15%	21,3	4,3	SIM

Importante ressaltar que os valores foram encontrados mesmo com baixos teores de sucção de água desses blocos, o que denota a importância de novos estudos mais aprofundados para verificação do potencial de ganho encontrado a partir do uso desse tipo de técnica.

5. CONCLUSÃO

5.1 Conclusões e considerações Finais

Com base no que foi discutido ao longo do texto, e também nos resultados obtidos nos experimentos, pode-se apresentar algumas considerações importantes da influência do uso da solução de cal em substituição da água de amassamento de argamassas de revestimento, como se segue:

- Nas amostras em que o experimento foi realizado com a solução de cal em substituição da água de amassamento do emboço não se identificou influência para quaisquer dos teores empregados na pesquisa, tanto para as bases com blocos de concreto quanto para aquelas com tijolos cerâmicos;
- Por outro lado, a solução de cal misturada no chapisco ensaiado com posterior aplicação da argamassa industrializada mostrou significativa influência (com nível de confiança de 95%, pela análise de variância) para os teores de 10%, no caso de blocos de concreto, e de 15%, para os tijolos cerâmicos, com ganhos de 44% e 29%, respectivamente, em comparação com as amostras de referência;
- Nesse caso, o tipo de ruptura observado em algumas amostras no corpo da argamassa de emboço (ruptura coesiva) denota que a real resistência de aderência na interface com a base poderia ser igual ou ainda superior. Percebe-se, assim, que é preciso agir não apenas na acurácia das ligações da interface, mas também na capacidade de suporte de todo o sistema de revestimento;
- Os maiores valores de aderência foram obtidos para o chapisco aplicado sobre bases em bloco de concreto em comparação com os tijolos cerâmicos, o que deve ser decorrente da sua maior absorção inicial de água, que favorece o fluxo da pasta, presente na argamassa, nos poros do substrato, incrementando a rede de povoamento dos cristais de etringita e C-S-H no local (microancoragem - princípios dos poros ativos);
- O ganho proporcional mais acentuado constatado nos blocos de concreto, em comparação com os tijolos cerâmicos, também pode ser creditado à sua maior rugosidade superficial, que o torna mais sensível à penetração e acúmulo da solução de cal entre os seus interstícios;
- Nas amostras com chapisco puro, nesse caso aplicado exclusivamente sobre bases

em tijolos cerâmicos, sem o emboço, também ficou evidenciado incremento de aderência com a utilização da solução de cal incorporada. Foi identificada influência significativa, com nível de confiança de 95%, para os teores de 10% e 15% de cal em relação às amostras de referência, com ganhos de até 39% de aderência;

- Nesse caso, destaca-se ainda a adequação do método de ensaio adaptado da NBR 13528 (ABNT, 2019) para avaliação exclusiva da aderência do chapisco à base, percebido a partir da ruptura predominante observada na interface do chapisco com a base. A resistência média de aderência à tração do revestimento cujo preparo do substrato foi o chapisco tradicional, reforça a necessidade e importância do mesmo na execução de revestimentos de argamassa.
- A Solução de cal incorporada à água de amassamento do chapisco se mostrou eficiente, sendo indicada a realização de estudos mais aprofundados.

Pode-se concluir, neste estudo, que o preparo da base é de fundamental importância para a resistência de aderência à tração, e que, portanto, a adição de solução de cal ao chapisco é uma alternativa economicamente viável e satisfatória para se obter resultados positivos, em ambientes onde a resistência de aderência é demasiadamente solicitada. No entanto, deve-se ressaltar a necessidade do desenvolvimento de novas pesquisas, a fim de estabelecer uma gama mais completa de informações a respeito do chapisco com solução de cal, sobretudo com análise de mais opções de substratos e diferentes variáveis

As análises efetuadas apontam como conclusão principal do estudo que a substituição da água de amassamento pela solução de cal na preparação do chapisco, com teores de 10% e 15%, apresentou resultados promissores quanto ao ganho de aderência em comparação com as amostras de referência, executadas da forma convencional.

É preciso destacar que a solução proposta é de custo muito baixo (estimado em R\$0,08/m²) e fácil implementação em canteiro de obras, dada a natural disponibilidade de cal e a simples alteração no procedimento de preparação das argamassas. Adicionalmente, percebe-se também um melhor comportamento reológico das argamassas misturadas com a solução de cal, o que favorece a extensão de aderência com a base.

5.2 Sugestões para trabalhos posteriores

Por fim, para a continuidade da pesquisa, podem ser sugeridas algumas opções de experimentos, a saber: avaliar a aplicação do chapisco e sistema de chapisco mais emboço diretamente em concreto estrutural; efetuar adaptação no procedimento de ensaio de aderência de modo que o corte ocorra até o a interface do chapisco com o emboço, para identificar a aderência nesta região de interface; aplicar o revestimento diretamente nos substratos estudados (bloco cerâmico e bloco de concreto), objetivando avaliar a influência da cal na aderência dessa camada de forma autônoma; acrescentar outros teores de adição de cal, incluindo adições minerais (pozolanas) no chapisco, para avaliar outros possíveis benefícios na aderência.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C25: Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

_____. **ASTM C110: Standard Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

_____. **ASTM C067/067M: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: determinação da resistência de aderência**. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 13528-2: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 5738: Cal virgem e hidratada – Análise química**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 7211: Agregado para concreto - especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 8214: Assentamento de azulejos - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

_____. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

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

ALVES, A., CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Influência da umidade do revestimento na resistência superficial avaliada por diferentes métodos de ensaio**. 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. Lisboa, 2010.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2002.

ANGELIM, R. R. **Eficiência do preparo de substrato de blocos cerâmicos com solução de cal na resistência de aderência dos revestimentos de argamassa**. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA, VI, Florianópolis, 2005. Anais... Florianópolis: UFSC, ANTAC, 2005.

APOLÔNIO, P. H., MOTA, J. M. F., BARBOSA, F., COSTA e SILVA, A. J., SILVA, G. A., OLIVEIRA, R. A. **Análise comparativa da resistência de aderência do chapisco com diferentes relações água/ligante e adição de metacaulim**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XI, Porto Alegre, 2015. Anais... Porto Alegre, UFRGS, ANTAC, 2015.

AZEVEDO, A.R.G.; FRANÇA, B.R.; ALEXANDRE, J.; MARVILA, M.T.; ZANELATO, E.B.; XAVIER, G.C. **Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction**. *Journal of Building Engineering* v.19. p.342–348. 2018.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa: primeiros passos da qualidade no canteiro de obras**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2001.

BARBOSA, F. R.; MOTA, J. M. F.; CARNEIRO, A. M. P. **Influência do teor de adição de metacaulim nas propriedades no estado endurecido: capilaridade e resistência mecânica de argamassas inorgânicas para recuperação de monumentos históricos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XI, Florianópolis-SC, 2006. Anais... Florianópolis, UFSC, ANTAC, 2006.

BOTAS, S.; ROSÁRIO, M.; VELOSA, A. **Air lime mortars for conservation of historic tiles: Bond strength of new mortars to old tiles**. *Construction and Building Materials* v.145, p. 426–434. 2017.

CARASEK, H. **Aderência de argamassa à base de cimento Portland a substratos porosos – avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARASEK, H. **Guia de avaliação e interpretação de ensaios de sistemas de revestimentos de argamassa. Comunidade da Construção de Belo Horizonte**. 21 p. 4º Ciclo. Belo Horizonte. 2011.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV, Brasília, 2001. Anais... Brasília, UnB, ANTAC, 2001.

CARVALHO JR, Antônio Neves. **Notas de aula de Técnicas de Revestimento**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

CHASE, G. W. **The effect of pretreatments of clay brick on brick-mortar bond strength**. In: North American Masonry Conference, 3rd., Arlington, June 1985.

CINCOTTO, M. A. CARRASEK, H.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. (Boletim 68). São Paulo, 1995.

COSTA e SILVA, A. J. **Descolamento dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

COSTA e SILVA, A. J.; AZEVEDO, A.A.C.; SOUZA, M.T.G. **Influência da preparação da base na aderência de revestimentos de argamassa sobre tijolos cerâmicos**. 7th EURO-AMERICAN CONGRESS ON CONSTRUCTION PATHOLOGY, REHABILITATION TECHNOLOGY AND HERITAGE MANAGEMENT – Rehabend 2018. Cáceres, Spain, 2018.

COSTA, E; CARASEK, H. **Influência dos parâmetros de ensaio na determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. Ambiente Construído, v. 9, n. 4, p. 17-35, out./dez. 2009.

DETRICHÉ, C.H.; GALLIAS, J.L.; GRANDET, J.; MASO, J.C. **Influence des paramètres de mise en oeuvre et de composition sur le comportement des mortiers d'enduit**. Matériaux et constructions, 1985.

DUPIN, I.; DÉTRICHÉ, C.H.; MASO, J.C. **Accrochage direct d'un enduit sur un isolant par une liaison de type mécanique dans le cadre d'un procédé d'isolation par l'extérieur**. Matériaux et constructions, 1988.

GALBUSERA, M.M.; BRITO, J.; SILVA, A. **The importance of the quality of sampling in service life prediction**. Construction and Building Materials, v 66, p 19-29, 2014.

GREEN, K.M.; CARTER, M.; HOFF, W.; WILSON, M. (1999) **The effects of lime and admixtures on the water-retaining properties of cement mortars**. Cement and Concrete Research Vol. 29, pp. 1743-1747, 1999.

GUERREIRO, C.; HENRIQUES, F.M.A.; PINTO, A.P. **Análise Comparativa de Argamassas de Cal Aérea, Medianamente Hidráulicas e de Ligantes Mistos para Rebocos de Edifícios Antigos**. 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Anais... APFAC, Lisboa, 2007.

ARAUJO, J. M. D. J. **Contribuição ao estudo das propriedades fisicomecânicas das argamassas de revestimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

LEGGERINI, M. R. C. **Materiais Técnicas e Estruturas I**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LOH, W.K.; CROCOMBE, A.D.; ABDEL WAHAB, M.M.; ASHCROFT, I.A. **Environmental degradation of the interfacial fracture energy in an adhesively bonded joint**. Engineering Fracture Mechanics, v 69, p 2113-2128, 2002.

MALAGONI, M.A.; SCARTEZINI, V. **Análise dos resultados de resistência de**

aderência em revestimentos de argamassa. Trabalho de conclusão apresentado à Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013.

MIBIELLI, J. G. **Estudo da aderência de revestimentos cerâmicos externos.** UFSC. Florianópolis. Santa Catarina, 1994.

MOTA J. M. F. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

MOTA, J. M. F. **Reforço de alvenarias Resistente com Argamassa Armada e Adição de Metacaulim.** Tese de doutorado, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

MOTA, J. M. F; CARASEK, H; COSTA e SILVA, A. J; BARBOSA, F. R.; FEITOSA, A; SANTOS, W. **Argamassas inorgânicas com adição de metacaulim.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IX, Belo Horizonte, 2011. Anais... Belo Horizonte, UFMG, ANTAC, 2011.

MOTA, J.M.F.; COSTA e SILVA, A.J.; CARASEK, H.; BARBOSA, F.R. **Análise em obra da resistência de aderência de revestimentos de argamassa com o preparo do substrato com solução de cal e chapisco.** In: X CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA Y XII CONGRESO DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN. CONPAT 2009. Anais... Valparaíso-Chile, 2009.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação a cura do chapisco.** Porto Alegre, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MÜLLER, A. A. **Avaliação da aderência dos diferentes tipos de chapisco sobre substrato de concreto.** Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-aplicação.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2004.

PEREIRA, C. H. D. A. F. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa.** Dissertação (Doutorado Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

POLITO, G.; CARVALHO JÚNIOR, A. N.; BRANDÃO, P. R. G. **Caracterização microestrutural da interface argamassa mista/bloco cerâmico.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VIII, Curitiba, 2009. Anais... Curitiba, UFPR, ANTAC, 2009.

RAGO, F.; CINCOTTO, M.A. **Influência do tipo de cal hidratada na reologia das pastas.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, ISSN 0103 – 9830, 1999.

RODRIGUES, P.F.; HENRIQUES, F.M.A. **Avaliação comparativa das Cales Aéreas Correntes**. 3º Enfore Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios: Materiais e Técnicas de Conservação e Reabilitação, **Anais... LNEC**, pp. 503-510, 2003.

RUDUIT, F. R. **Contribuição ao estudo da aderência de revestimento de argamassa e chapiscos em substrato de concreto**. Porto Alegre, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SANTOS A. M.; COSTA e SILVA, A. J. ; MOTA, J. M. F. **Influência da cal na aderência da cal para revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XIII, Goiânia, 2019. Anais... Goiânia, UFG, ANTAC, 2019.

SANTOS, H. B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 2003. Anais... São Paulo, EPUSP, ANTAC, 2003.

SERNAGLIA, R. G. **Discussão sobre a necessidade de chapisco para aplicação de revestimento interno de argamassa sobre alvenaria de bloco de concreto e cerâmico**. 57f. Monografia (Pós-graduação em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa**. 266 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, N. G. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. Mestrado, UFPR. Sector de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, V. **Aderência de chapiscos em concretos estruturais – melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz**. São Carlos, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, V. **Aderência de chapiscos em concretos estruturais – melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz**. São Carlos. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L. **Avaliação do efeito da sílica extraída da casca do arroz na aderência de argamassas e chapiscos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 2003. Anais... São Paulo, EPUSP, ANTAC, 2003.

STOLZ, C.M.; MASUERO, A.B.; PAGNUSSAT, D.T.; KIRCHLEIM, A.P. **Influence of substrate texture on the tensile and shear bond strength of rendering mortars**.

Construction and Building Materials v.128, p. 298–307. 2016.

THOMAZ, E. Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção. São Paulo: Editora Pini. 2001.

TORRES, I.; VEIGA, M.R.; FREITAS, V.P. **Influence of substrate characteristics on behavior of applied mortar**. Journal of Materials in Civil Engineering. v.30. Issue10. Oct 18. 2018.

VEIGA, M. R.; SOUZA, R.H. **Metodologia de Avaliação da Retração Livre das Argamassas desde a sua Moldagem**. Revista Engenharia Civil. UM, nº 20, pp.45-56, 2004.

VOSS, W. C. **Permeability of brick masonry walls: an Hypothesis American Society for Testing Materials**. Proceedings. Philadelphia, 1933.

WINSLOW, D.; LIU, D. **The pore structure of paste in concert**. Cement and Concrete Research, 1990.

YAZIGI, W. A Técnica de edificar, 6ª Ed., São Paulo: Editora Pini, 2004.

ZANELATO, E. B. **Influência do chapisco na resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos. Campos dos Goytacazes, 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2015.

ZANELATO, E. B. **Influência do chapisco na resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2015.

ANEXOS

Resultados individuais obtidos de resistência a aderência nas paredes de blocos cerâmicos das famílias 1 à 8

Familia1 - Substrato cerâmico - Chapisco 0% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm ²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	66,0	19,6	0,34			100				
2	2,1	66,1	19,6	0,34			100				
3	2,1	66,2	19,6	0,34			100				
4	2,1	64,0	19,6	0,33			100				
5	2,1	39,0	19,6	0,20			100				
6	2,1	39,0	19,6	0,20		70	30				
7	2,1	50,0	19,6	0,25		50	50				
8	2,1	51,0	19,6	0,26		20	80				
9	2,1	58,0	19,6	0,30			100				
10	2,1	44,0	19,6	0,22		50	50				
11	2,1	48,0	19,6	0,24			100				
12	2,1	49,0	19,6	0,25			100				
13	2,1	57,0	19,6	0,29			100				
14	2,1	44,0	19,6	0,22			100				
15	2,1	80,0	19,6	0,41			100				
16	2,1	40,0	19,6	0,20			100				
17	2,1	88,0	19,6	0,45			100				
18	2,1	54,3	19,6	0,28			100				
				Dpad	0,07						
				media	0,28						
				CV	25%						

Familia2 - Substrato cerâmico - Chapisco com 5% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm ²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	1,8	64,2	19,6	0,33			100				
2	1,8	57,6	19,6	0,29			100				
3	1,8	57,1	19,6	0,29		100	100				
4	1,8	52,2	19,6	0,27		100	100				
5	1,8	74,0	19,6	0,38			100				
6	1,8	57,0	19,6	0,29			100				
7	1,8	33,0	19,6	0,17		25	75				
8	1,8	37,0	19,6	0,19		20	80				
9	1,8	33,0	19,6	0,17			100				
10	1,8	33,0	19,6	0,17		20	80				
11	1,8	31,0	19,6	0,16			100				
12	1,8	33,0	19,6	0,17		20	80				
13	1,8	43,0	19,6	0,22		40	60				
14	1,8	59,0	19,6	0,30		70	30				
15	1,8	45,0	19,6	0,23		45	55				
16	1,8	77,0	19,6	0,39		10	90				
17	1,8	58,0	19,6	0,30			100				
18	1,8	50,0	19,6	0,25		100					
				Dpad	0,07						
				media	0,25						
				CV	29%						

Familia3 - Substrato cerâmico - Chapisco 10% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,5	61,2	19,6	0,31	100		100				
2	2,5	62,0	19,6	0,32	100		100				
3	2,5	62,0	19,6	0,32			100				
4	2,5	65,6	19,6	0,33			100				
5	2,5	70,0	19,6	0,36	100						
6	2,5	37,0	19,6	0,19		35	65				
7	2,5	68,0	19,6	0,35		15	85				
8	2,5	48,0	19,6	0,24			100				
9	2,5	32,1	19,6	0,16		25	75				
10	2,5	47,0	19,6	0,24		35	65				
11	2,5	38,0	19,6	0,19			100				
12	2,5	59,0	19,6	0,30			100				
13	2,5	35,0	19,6	0,18			100				
14	2,5	45,0	19,6	0,23			100				
15	2,5	51,0	19,6	0,26			100				
16	2,5	60,0	19,6	0,31			100				
17	2,5	59,0	19,6	0,30			100				
18	2,5	53,1	19,6	0,27			100				

Dpad 0,06
media 0,27
CV 22%

Familia4 - Substrato cerâmico - Chapisco 15% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	69,0	19,6	0,35			100				
2	2,1	75,2	19,6	0,38			100				
3	2,1	68,2	19,6	0,35			100				
4	2,1	67,0	19,6	0,34			100				
5	2,1	51,0	19,6	0,26			100				
6	2,1	31,0	19,6	0,16		70	30				
7	2,1	21,0	19,6	0,11		30	70				
8	2,1	54,0	19,6	0,28		40	60				
9	2,1	33,0	19,6	0,17			100				
10	2,1	30,0	19,6	0,15			100				
11	2,1	56,0	19,6	0,29			100				
12	2,1	35,0	19,6	0,18			100				
13	2,1	25,0	19,6	0,13			100				
14	2,1	38,0	19,6	0,19			100				
15	2,1	38,0	19,6	0,19			100				
16	2,1	45,0	19,6	0,23			100				
17	2,1	41,0	19,6	0,21			100				
18	2,1	45,0	19,6	0,23			100				

Dpad 0,08
media 0,23
CV 36%

Família5 - Substrato cerâmico - Argamassa de emboço 0% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	45,0	19,6	0,23			100				
2	2,1	40,0	19,6	0,20			100				
3	2,1	48,0	19,6	0,24			100				
4	2,1	43,0	19,6	0,22			100				
5	2,1	24,0	19,6	0,12			100				
6	2,1	16,0	19,6	0,08		70	30				
7	2,1	22,0	19,6	0,11		50	50				
8	2,1	18,0	19,6	0,09		20	80				
9	2,1	42,0	19,6	0,21			100				
10	2,1	44,0	19,6	0,22		50	50				
11	2,1	41,0	19,6	0,21			100				
12	2,1	49,0	19,6	0,25			100				
13	2,1	30,0	19,6	0,15			100				
14	2,1	67,0	19,6	0,34			100				
15	2,1	20,0	19,6	0,10			100				
16	2,1	77,0	19,6	0,39			100				
17	2,1	50,0	19,6	0,25			100				
18	2,1	51,0	19,6	0,26			100				

Dpad 0,08
 media 0,21
 CV 41%

Família6 - Substrato cerâmico - Argamassa de emboço com 5% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	1,8	44,0	19,6	0,22	0,00		100				
2	1,8	49,0	19,6	0,25	0,00		100				
3	1,8	72,2	19,6	0,37	0,00	100	100				
4	1,8	46,0	19,6	0,23	0,00	100	100				
5	1,8	29,0	19,6	0,15	0,00		100				
6	1,8	58,0	19,6	0,30	0,00		100				
7	1,8	29,0	19,6	0,15	0,00	25	75				
8	1,8	71,0	19,6	0,36	0,00	20	80				
9	1,8	28,0	19,6	0,14	0,00		100				
10	1,8	49,0	19,6	0,25	0,00	20	80				
11	1,8	36,0	19,6	0,18	0,00		100				
12	1,8	42,0	19,6	0,21	0,00	20	80				
13	1,8	61,0	19,6	0,31	0,00	40	60				
14	1,8	40,0	19,6	0,20	0,00	70	30				
15	1,8	36,0	19,6	0,18	0,00	45	55				
16	1,8	45,0	19,6	0,23	0,00	10	90				
17	1,8	43,0	19,6	0,22	0,00		100				
18	1,8	49,0	19,6	0,25	0,00	100					

Dpad 0,07
 media 0,23
 CV 28%

Familia7 - Substrato cerâmico - Argamassa de emboço 10% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,5	66,2	19,6	0,34	100		100				
2	2,5	66,0	19,6	0,34	100		100				
3	2,5	62,0	19,6	0,32			100				
4	2,5	49,3	19,6	0,25			100				
5	2,5	53,0	19,6	0,27	100						
6	2,5	22,0	19,6	0,11		35	65				
7	2,5	28,0	19,6	0,14		15	85				
8	2,5	53,0	19,6	0,27			100				
9	2,5	31,0	19,6	0,16		25	75				
10	2,5	34,0	19,6	0,17		35	65				
11	2,5	43,0	19,6	0,22			100				
12	2,5	15,0	19,6	0,08			100				
13	2,5	19,0	19,6	0,10			100				
14	2,5	25,0	19,6	0,13			100				
15	2,5	15,0	19,6	0,08			100				
16	2,5	32,0	19,6	0,16			100				
17	2,5	15,0	19,6	0,08			100				
18	2,5	30,0	19,6	0,15			100				

Dpad 0,09
 media 0,19
 CV 49%

Familia8 - Substrato cerâmico - Argamassa de emboço 15% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	67,1	19,6	0,34			100				
2	2,1	65,2	19,6	0,33			100				
3	2,1	76,4	19,6	0,39			100				
4	2,1	57,1	19,6	0,29			100				
5	2,1	11,0	19,6				100				
6	2,1	37,0	19,6	0,19		70	30				
7	2,1	28,0	19,6	0,14		30	70				
8	2,1	24,0	19,6	0,12		40	60				
9	2,1	15,0	19,6				100				
10	2,1	46,0	19,6	0,23			100				
11	2,1	61,0	19,6	0,31			100				
12	2,1	25,0	19,6	0,13			100				
13	2,1	44,0	19,6	0,22			100				
14	2,1	44,0	19,6	0,22			100				
15	2,1	51,0	19,6	0,26			100				
16	2,1	70,0	19,6	0,36			100				
17	2,1	37,0	19,6	0,19			100				
18	2,1	45,0	19,6	0,23			100				

Dpad 0,08
 media 0,25
 CV 34%

Resultados individuais obtidos de resistência a aderência nas paredes de blocos cerâmicos das famílias 9 à 16

Família9 - Substrato concreto - Chapisco (0% de solução de cal)											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm ²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	63,1	19,6	0,32			100				
2	2,1	60,0	19,6	0,31			100				
3	2,1	103,0	19,6	0,52			100				
4	2,1	61,2	19,6	0,31			100				
5	2,1	31,4	19,6	0,16			100				
6	2,1	65,0	19,6	0,33		70	30				
7	2,1	77,0	19,6	0,39		50	50				
8	2,1	21,1	19,6	0,11		20	80				
9	2,1	69,0	19,6	0,35			100				
10	2,1	41,0	19,6	0,21		50	50				
11	2,1	90,0	19,6	0,46			100				
12	2,1	85,0	19,6	0,43			100				
13	2,1	66,0	19,6	0,34			100				
14	2,1	74,0	19,6	0,38			100				
15	2,1	81,0	19,6	0,41			100				
16	2,1	95,0	19,6	0,48			100				
17	2,1	45,0	19,6	0,23			100				
18	2,1	66,0	19,6	0,34			100				

media 0,34
cv 33%

Família10 - Substrato concreto- Chapisco com 5% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm ²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	1,8	49,2	19,6	0,25			100				
2	1,8	37,1	19,6	0,19			100				
3	1,8	62,0	19,6	0,32		100	100				
4	1,8	45,3	19,6	0,23		100	100				
5	1,8	86,0	19,6	0,44			100				
6	1,8	67,0	19,6	0,34			100				
7	1,8	38,0	19,6	0,19		25	75				
8	1,8	115,3	19,6	0,59		20	80				
9	1,8	65,0	19,6	0,33			100				
10	1,8	92,0	19,6	0,47		20	80				
11	1,8	69,0	19,6	0,35			100				
12	1,8	57,0	19,6	0,29		20	80				
13	1,8	89,0	19,6	0,45		40	60				
14	1,8	110,0	19,6	0,56		70	30				
15	1,8	166,0	19,6	0,85		45	55				
16	1,8	68,0	19,6	0,35		10	90				
17	1,8	61,0	19,6	0,31			100				
18	1,8	68,0	19,6	0,35		100					

media 0,38 0,16
cv 42%

Familia11 - Substrato concreto- Chapisco (10% de solução de cal)											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,5	105,0	19,6	0,53	100		100				
2	2,5	50,0	19,6	0,25	100		100				
3	2,5	101,0	19,6	0,51			100				
4	2,5	72,2	19,6	0,37			100				
5	2,5	98,0	19,6	0,50	100						
6	2,5	45,0	19,6	0,23		35	65				
7	2,5	69,0	19,6	0,35		15	85				
8	2,5	57,0	19,6	0,29			100				
9	2,5	53,0	19,6	0,27		25	75				
10	2,5	122,0	19,6	0,62		35	65				
11	2,5	48,0	19,6	0,24			100				
12	2,5	132,0	19,6	0,67			100				
13	2,5	71,0	19,6	0,36			100				
14	2,5	76,0	19,6	0,39			100				
15	2,5	78,0	19,6	0,40			100				
16	2,5	85,0	19,6	0,43			100				
17	2,5	109,0	19,6	0,56			100				
18	2,5	70,0	19,6	0,36			100				

media 0,41
33%

Familia12 - Substrato concreto- Chapisco 15% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	111,0	19,6	0,57			100				
2	2,1	110,0	19,6	0,56			100				
3	2,1	62,0	19,6	0,32			100				
4	2,1	109,0	19,6	0,56			100				
5	2,1	60,0	19,6	0,31			100				
6	2,1	98,0	19,6	0,50		70	30				
7	2,1	111,0	19,6	0,57		30	70				
8	2,1	148,0	19,6	0,75		40	60				
9	2,1	81,0	19,6	0,41			100				
10	2,1	133,0	19,6	0,68			100				
11	2,1	39,0	19,6	0,20			100				
12	2,1	116,0	19,6	0,59			100				
13	2,1	134,0	19,6	0,68			100				
14	2,1	64,0	19,6	0,33			100				
15	2,1	134,0	19,6	0,68			100				
16	2,1	58,0	19,6	0,30			100				
17	2,1	66,0	19,6	0,34			100				
18	2,1	109,0	19,6	0,56			100				

Media 0,49
33%

Familia13 - Substrato concreto- Argamassa de emboço 0% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,1	37,8	19,6	0,19			100				
2	2,1	52,2	19,6	0,27			100				
3	2,1	47,4	19,6	0,24			100				
4	2,1	47,3	19,6	0,24			100				
5	2,1	98,0	19,6	0,50			100				
6	2,1	60,0	19,6	0,31		70	30				
7	2,1	21,0	19,6	0,11		50	50				
8	2,1	101,0	19,6	0,51		20	80				
9	2,1	66,0	19,6	0,34			100				
10	2,1	37,0	19,6	0,19		50	50				
11	2,1	124,0	19,6	0,63			100				
12	2,1	65,0	19,6	0,33			100				
13	2,1	61,0	19,6	0,31			100				
14	2,1	65,0	19,6	0,33			100				
15	2,1	40,0	19,6	0,20			100				
16	2,1	62,0	19,6	0,32			100				
17	2,1	48,0	19,6	0,24			100				
18	2,1	53,0	19,6	0,27			100				
				media	0,31	0,13					
				cv	42%						

Familia14 - Substrato concreto- Argamassa de emboço com 5% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	1,8	29,0	19,6	0,15			100				
2	1,8	83,0	19,6	0,42			100				
3	1,8	63,0	19,6	0,32		100	100				
4	1,8	24,0	19,6	0,12		100	100				
5	1,8	97,0	19,6	0,49			100				
6	1,8	83,0	19,6	0,42			100				
7	1,8	69,0	19,6	0,35		25	75				
8	1,8	43,0	19,6	0,22		20	80				
9	1,8	39,0	19,6	0,20			100				
10	1,8	20,0	19,6	0,10		20	80				
11	1,8	51,0	19,6	0,26			100				
12	1,8	42,0	19,6	0,21		20	80				
13	1,8	24,0	19,6	0,12		40	60				
14	1,8	55,0	19,6	0,28		70	30				
15	1,8	70,0	19,6	0,36		45	55				
16	1,8	85,0	19,6	0,43		10	90				
17	1,8	87,0	19,6	0,44			100				
18	1,8	67,0	19,6	0,34		100					
				media	0,29	0,12					
					43%						

Familia15 - Substrato concreto- Argamassa de emboço 10% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço	substrato / chapisco	chapisco / argamassa	argamassa	arg/cola
1	2,5	66,3	19,6	0,34	100		100				
2	2,5	50,2	19,6	0,26	100		100				
3	2,5	44,0	19,6	0,22			100				
4	2,5	64,0	19,6	0,33			100				
5	2,5	83,0	19,6	0,42	100						
6	2,5	96,0	19,6	0,49		35	65				
7	2,5	40,0	19,6	0,20		15	85				
8	2,5	46,0	19,6	0,23			100				
9	2,5	27,2	19,6	0,14		25	75				
10	2,5	110,0	19,6	0,56		35	65				
11	2,5	44,0	19,6	0,22			100				
12	2,5	120,0	19,6	0,61			100				
13	2,5	67,0	19,6	0,34			100				
14	2,5	30,0	19,6	0,15			100				
15	2,5	44,0	19,6	0,22			100				
16	2,5	63,0	19,6	0,32			100				
17	2,5	35,0	19,6	0,18			100				
18	2,5	67,0	19,6	0,34			100				

media 0,31
44%

Familia16 - Substrato concreto- Argamassa de emboço 15% de solução de cal											
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)						
					substrato	chapisco / emboço	Emboço				
1	2,1	59,3	19,6	0,30			100				
2	2,1	58,1	19,6	0,30			100				
3	2,1	70,2	19,6	0,36			100				
4	2,1	109,0	19,6	0,56			100				
5	2,1	44,0	19,6	0,22			100				
6	2,1	36,0	19,6	0,18		70	30				
7	2,1	57,0	19,6	0,29		30	70				
8	2,1	41,0	19,6	0,21		40	60				
9	2,1	45,0	19,6	0,23			100				
10	2,1	76,2	19,6	0,39			100				
11	2,1	55,0	19,6	0,28			100				
12	2,1	43,0	19,6	0,22			100				
13	2,1	88,0	19,6	0,45			100				
14	2,1	30,0	19,6	0,15			100				
15	2,1	54,0	19,6	0,28			100				
16	2,1	101,0	19,6	0,51			100				
17	2,1	98,0	19,6	0,50			100				
18	2,1	108,0	19,6	0,55			100				

media 0,33 0,13
39%

Resultados individuais obtidos de resistência a aderência nas paredes externas dos blocos cerâmicos.

Chapisco 0% de solução de cal							
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)		
					substrato	sub/chap	chap
1	4,3	187,7	19,6	0,96	100		
2	4,3	109,6	19,6	0,56	100		
3	4,3	191,6	19,6	0,98	100		
4	4,3	189,8	19,6	0,97	100		
5	4,3	151,6	19,6	0,77	100		
6	4,3	202,7	19,6	1,03	100		
7	4,3	151,8	19,6	0,77	100		
8	4,3	144,9	19,6	0,74		90	
9	4,3	153,0	19,6	0,78	10		
10	4,3	243,6	19,6	1,24	100		
11	4,3	200,7	19,6	1,02	100		
12	4,3	159,9	19,6	0,81	100		

Dpad 0,18

media 0,89

CV 20%

Chapisco com 10% de solução de cal							
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)		
					substrato	sub/chap	chap
1	5,1	173,8	19,6	0,89	100		
2	5,1	271,7	19,6	1,38	100		
3	5,1	204,1	19,6	1,04	100		
4	5,1	195,3	19,6	0,99	100		
5	5,1	246,2	19,6	1,25	100		
6	5,1	263,8	19,6	1,34	100		
7	5,1	264,7	19,6	1,35	100		
8	5,1	179,8	19,6	0,92			100
9	5,1	246,2	19,6	1,25	100		
10	5,1	237,5	19,6	1,21	100		
11	5,1	108,5	19,6	0,55	100		
12	5,1	255,9	19,6	1,30	100		

Dpad 0,25

media 1,12

CV 22%

Chapisco 5% de solução de cal							
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm ²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)		
					substrato	sub/chap	chap
1	4,8	144,6	19,6	0,74	100		
2	4,8	231,0	19,6	1,18	100		
3	4,8	162,0	19,6	0,83	100		
4	4,8	265,9	19,6	1,35	100		
5	4,8	243,2	19,6	1,24	10		90
6	4,8	174,7	19,6	0,89	100		
7	4,8	147,3	19,6	0,75	100		
8	4,8	211,5	19,6	1,08	100		
9	4,8	256,2	19,6	1,30	40		60
10	4,8	172,5	19,6	0,88	100		
11	4,8	173,2	19,6	0,88	100		
12	4,8	253,4	19,6	1,29	100		

Dpad 0,23

media 1,03

CV 22%

Chapisco 15% de solução de cal							
Nº	umidade (%)	Carga (kgf)	Area (cm ²)	tensão (MPa)	Formas de ruptura (%)		
					substrato	sub/chap	chap
1	6	213,8	19,6	1,09	100		
2	6	261,6	19,6	1,33	100		
3	6	289,6	19,6	1,47	100		
4	6	231,3	19,6	1,18	100		
5	6	280,7	19,6	1,43	100		
6	6	216,1	19,6	1,10	100		
7	6	308,1	19,6	1,57	100		
8	6	222,6	19,6	1,13	100		
9	6	219,2	19,6	1,12	100		
10	6	184,6	19,6	0,94	100		
11	6	228,9	19,6	1,17	100		
12	6	240,4	19,6	1,22	100		

Dpad 0,18

media 1,23

CV 15%


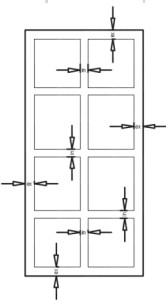
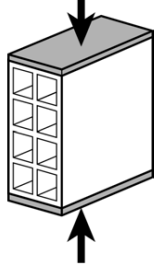
Resultados dos ensaios de resistência de tração na flexão das argamassas para chapisco com as respectivas adições de solução de cal.


Familias	carga (kgf)	tensão (MPa)	Valores Medios
0%	337,57	0,79	0,86
0%	424,47	0,99	
0%	337,57	0,79	
10%	584,9	1,37	1,34
10%	534,77	1,25	
10%	591,59	1,39	
5%	457,9	1,07	1,11
5%	461,24	1,08	
5%	508,03	1,19	
15%	544,8	1,28	1,40
15%	678,49	1,59	
15%	568,19	1,33	

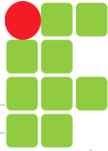
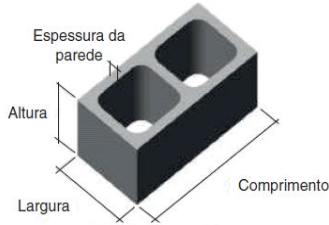
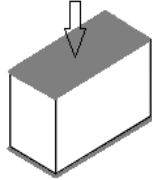
Resultados dos ensaios de resistência à compressão das argamassas para chapisco com as respectivas adições de solução de cal.


Identificação	Area (mm ²)	carga (N)	Tensão (MPa)	Média Valores
CP-0%-1	1600	2390	1,49	1,98
CP-0%-2	1600	2771	1,73	
CP-0%-3	1600	3556	2,22	
CP-0%-4	1600	3884	2,43	
CP-0%-5	1600	3610	2,26	
CP-0%-6	1600	2798	1,75	
CP-10%-1	1600	6026	3,77	3,23
CP-10%-2	1600	5010	3,13	
CP-10%-3	1600	5100	3,19	
CP-10%-4	1600	4726	2,95	
CP-10%-5	1600	5237	3,27	
CP-10%-6	1600	4896	3,06	
CP-5%-1	1600	3643	2,28	2,40
CP-5%-2	1600	3783	2,36	
CP-5%-3	1600	4074	2,55	
CP-5%-4	1600	4074	2,55	
CP-5%-5	1600	3884	2,43	
CP-5%-6	1600	3536	2,21	
CP-15%-1	1600	6939	4,34	3,88
CP-15%-2	1600	5966	3,73	
CP-15%-3	1600	6357	3,97	
CP-15%-4	1600	6140	3,84	
CP-15%-5	1600	5144	3,22	
CP-15%-6	1600	6691	4,18	

Relatórios dos ensaios físicos e mecânicos dos blocos cerâmicos e de concreto.

 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA PERNAMBUCO</p>		LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES - LabTec							
REQUISITOS GERAIS DE BLOCOS CERÂMICOS									
LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - RELATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE					DATA DO RELATÓRIO: 07/03/2018				
SOLICITANTE: ANDRÉ MIRANDA DOS SANTOS					FINALIDADE: DISSERTAÇÃO DE MESTRADO				
REGISTRO DA AMOSTRA: AM 01					FABRICANTE: -				
IDENTIFICAÇÃO: BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO (PAREDE EXTERNA)					DATA DE RECEBIMENTO: -				
ABNT NBR 15270-3:2005 - COMPONENTES CERÂMICOS PARTE 3: BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO - MÉTODOS DE ENSAIO					Nº DO ENSAIO: 01		DATA DO ENSAIO: 28/02/2018		
ANEXO B - DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA E DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA									
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	MÉDIAS	OBSERVAÇÕES: O índice de absorção deve estar d'água não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%	
MASSA HIGROSC. (g)	1849,41	1905,18	1863,53	1895,70	2015,12	1901,08	1905,0		
MASSA SECA 1 (g)	-	-	-	-	-	-	-		
MASSA SECA 2 (g)	1841,18	1890,91	1850,59	1876,90	1996,75	1884,28	1890,1		
MASSA IRA (g)	-	-	-	-	-	-	-		
Ms (g)	1841,18	1890,91	1850,59	1876,90	1996,75	1884,28	1890,1		
Mu (g)	2103,30	2170,13	2127,75	2142,27	2304,54	2154,72	2167,1		
ABSORÇÃO INICIAL (%)	-	-	-	-	-	-	-		
ÍNDICE DE ABS. (%):	14,2%	14,8%	15,0%	14,1%	15,4%	14,4%	14,6%		
ANEXO C - DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO									
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	07	MÉDIAS	OBSERVAÇÕES: Os valores mínimos de resistência à compressão devem ser: 1,5 MPa para blocos ensaiados com furos na horizontal e 3,0 MPa para blocos ensaiados com furos na vertical
ÁREA BRUTA (mm²)	17010	17010	16732	16643	17100	16368	-	16810,5	
CARGA MAX (N)	44490	55860	27150	41780	-	66900	-	47236,0	
TENSÃO (MPa)	2,62	3,28	1,62	2,51	-	4,09	-	2,8 MPa	
ANEXO D - DESENHO ESQUEMÁTICO DA CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E DAS CONDIÇÕES DE RUPTURA									
								DIMENSÕES NOMINAIS	
ESQUEMA DE CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA						ESQUEMA DE POSIÇÃO DE RUPTURA		90 x 190 x 190 mm³	
								OBSERVAÇÕES GERAIS: Capeamento com pasta de cimento Portland. Os corpos de prova foram submersos em água potável por 15 horas antes da ruptura.	
REFERÊNCIAS NORMATIVAS: ABNT NBR 15270-1 - Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos; ABNT NBR 15270-2 - Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos; ABNT NBR 15270-3 - Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio.									
OBSERVAÇÕES: TODOS OS BLOCOS ATENDERAM ÀS ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS CONSTANTES NESTE DOCUMENTO.				RESPONSÁVEL		QUADRO		ELABORAÇÃO	
				Allison Pessoa		02/02		Allison Pessoa	

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA PERNAMBUCO	LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES - LabTec										
	REQUISITOS GERAIS DOS BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO										
LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - RELATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE								DATA DO RELATÓRIO: 23/02/2018			
SOLICITANTE: ANDRÉ MIRANDA DOS SANTOS								FINALIDADE: DISSERTAÇÃO DE MESTRADO			
REGISTRO DA AMOSTRA: AM 01								FABRICANTE: -			
IDENTIFICAÇÃO: BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO (PAREDE EXTERNA)								DATA DE RECEBIMENTO: -			
ABNT NBR 15270-3:2005 - COMPONENTES CERÂMICOS PARTE 3: BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO - MÉTODOS DE ENSAIO								Nº DO ENSAIO: 01		DATA DO ENSAIO: 19/02/2018	
ANEXO A - DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES - DIMENSÕES EFETIVAS										TOLERÂNCIA (mm)	
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	MÉDIAS (mm)	INDIVIDUAL:	MÉDIA	
LARGURA (mm):	90	90	89	89	90	88	-	89,3	90 ± 5 mm	90 ± 3 mm	
ALTURA (mm):	186	188	187	188	191	186	-	187,7	190 ± 5 mm	190 ± 3 mm	
COMPRIMENTO (mm):	189	189	188	187	190	186	-	188,2	190 ± 5 mm	190 ± 3 mm	
DETERMINAÇÃO DA EXPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS E SEPTOS DOS BLOCOS										TOLERÂNCIA (mm)	
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	MÉDIAS (mm)	INDIVIDUAL:	MÉDIA	
EXTERNO 1 (mm):	8,8	7,3	8,5	8,3	8,8	7,4	-	8,2	± 7 mm	-	
EXTERNO 2 (mm):	7,9	7,7	8,5	7,5	8,2	7,5	-	7,9	± 7 mm	-	
EXTERNO 3 (mm):	8,9	8,0	7,3	8,5	7,6	7,2	-	7,9	± 7 mm	-	
EXTERNO 4 (mm):	7,5	7,7	8,0	7,1	8,4	7,3	-	7,7	± 7 mm	-	
SEPTO 1 (mm):	8,2	8,0	7,4	8,2	7,2	7,0	-	7,7	± 6 mm	-	
SEPTO 2 (mm):	7,1	7,5	8,2	8,4	7,9	7,2	-	7,7	± 6 mm	-	
SEPTO 3 (mm):	8,6	7,5	7,0	7,3	7,6	7,4	-	7,6	± 6 mm	-	
SEPTO 4 (mm):	8,3	7,6	7,1	7,0	7,7	7,0	-	7,5	± 6 mm	-	
DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO (D)										TOLERÂNCIA (mm)	
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	MÉDIAS (mm)	INDIVIDUAL:	MÉDIA	
FACE 1 (mm):	1,2	2,5	0,9	0,1	0,3	1,9	-	1,2	± 3 mm	-	
FACE 1 (mm):	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DETERMINAÇÃO DA PLANEZA DAS FACES										TOLERÂNCIA (mm)	
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	MÉDIAS (mm)	INDIVIDUAL:	MÉDIA	
FACE 1 (mm):	0,7	0,6	1,1	1,6	1,7	0,1	-	1,0	± 3 mm	-	
FACE 1 (mm):	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DETERMINAÇÃO DA ÁREA LÍQUIDA (A _{liq})										CÁLCULO:	
BLOCO (Nº):								MÉDIAS	$A_{liq} = ((m_u - m_a) / (\gamma \cdot H))$		
M. APARENTE (M _a) (g):									γ: massa esp. da água (1,00 g/cm ³)		
M. SATURADA (M _u) (g):									H: altura do bloco (cm)		
ÁREA LÍQUIDA: (cm ²)											
REFERÊNCIAS NORMATIVAS: ABNT NBR 15270-1 - Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos; ABNT NBR 15270-2 - Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos; ABNT NBR 15270-3 - Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio.											
OBSERVAÇÕES:							RESPONSÁVEL	ELABORAÇÃO	QUADRO		

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA PERNAMBUCO	LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES - LabTec									
	REQUISITOS GERAIS PARA BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA									
LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - RELATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE						DATA DO RELATÓRIO: 07/03/2018				
SOLICITANTE: ANDRÉ MIRANDA DOS SANTOS						NATUREZA: DISSERTAÇÃO DE MESTRADO				
REGISTRO DA AMOSTRA: AM 03						FABRICANTE: -				
IDENTIFICAÇÃO: BLOCOS DE CONCRETO PARA VEDAÇÃO						DATA DE RECEBIMENTO: -				
ABNT NBR 12118:2013 - BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA - MÉTODOS DE ENSAIO						Nº DO ENSAIO: 03	DATA DO ENSAIO: 28/02/2018			
ANEXO B - DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA E DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA										
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	MÉDIAS	OBSERVAÇÕES: Bloco de concreto sem função estrutural, produzido com agregado normal. A absorção de cada valor individual deve ser menor ou igual a 11% e a média das absorções deve ser menor ou igual a 10%.		
MASSA HIGROSC. (g)	8950	8820	9010	8800	8800	8870	3330,0			
MASSA SECA 1 (g)	8910	8780	8950	8760	8770	8830	3300,0			
MASSA SECA 2 (g)	-	-	-	-	-	-	-			
MASSA SECA 3 (g)	-	-	-	-	-	-	-			
MASSA SECA (g)	8910	8780	8950	8760	8770	8830	3220,0			
MASSA SATURADO (g)	9440	9340	9480	9350	9320	9410	3420,0			
MASSA APARENTE (g)	-	-	-	-	-	-	-			
ÍNDICE DE ABS. (%):	5,9%	6,4%	5,9%	6,7%	6,3%	6,6%	6,2%			
ÁREA LÍQUIDA (mm²)	-	-	-	-	-	-	-			
ANEXO C - DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO										
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	MÉDIAS	OBSERVAÇÕES: Bloco de concreto para alvenaria de vedação, sem função estrutural: Resistência à compressão axial deve ser superior ou igual a 3,0 MPa para cada valor individual.		
ÁREA BRUTA (mm²)	34910	34780	35130	35060	34900	35260	#DIV/0!			
MASSA DE REF. (g)	8950	8820	9010	8800	8800	8870	8875			
UMIDADE RELATIVA (%)	7,5%	7,1%	11,3%	6,8%	5,5%	6,9%	7,5%			
CARGA MAX. (N)	115650	133670	168670	145850	122830	157770	140740			
TENSÃO (MPa)	3,31	3,84	4,80	4,16	3,52	4,47	4,02 MPa			
DESENHO ESQUEMÁTICO DA CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E DAS CONDIÇÕES DE RUPTURA									DIMENSÕES NOMINAIS	
							90x190x390 mm³			
							OBSERVAÇÕES: Preparação da superfície feita por capeamento com pasta de cimento.			
DIMENSÕES NOMINAIS							CONDIÇÕES DE RUPTURA			
REFERÊNCIAS NORMATIVAS: ABNT NBR 12118:2013 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio; ABNT NBR 6136:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos.										
OBSERVAÇÕES: TODOS OS BLOCOS ATENDERAM ÀS ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS CONSTANTES NESTE DOCUMENTO.					RESPONSÁVEL		QUADRO		ELABORAÇÃO	
					Allison Pessoa		02/02		Allison Pessoa	

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA PERNAMBUCO		LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES - LabTec									
		REQUISITOS GERAIS PARA BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA									
LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - RELATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE							DATA DO RELATÓRIO: 26/02/2018				
SOLICITANTE: ANDRÉ MIRANDA DOS SANTOS							NATUREZA: DISSERTAÇÃO DE MESTRADO				
REGISTRO DA AMOSTRA: AM 03							FABRICANTE: -				
IDENTIFICAÇÃO: BLOCOS DE CONCRETO PARA VEDAÇÃO							DATA DE RECEBIMENTO: -				
ABNT NBR 12118:2013 - BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA - MÉTODOS DE ENSAIO							Nº DO ENSAIO: 03		DATA DO ENSAIO: 19/02/2018		
ANÁLISE DIMENSIONAL - DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EFETIVAS											
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	-	MÉDIAS (mm)	TOLERÂNCIA INDIVIDUAL (mm)	
COMPRIMENTO1 (mm):	389	389	390	391	391	391	-	-	390,2	390 ± 3 mm	
COMPRIMENTO2 (mm):	389	390	390	391	391	390	-	-	390,2	390 ± 3 mm	
COMPRIMENTO3 (mm):	390	389	391	391	390	390	-	-	390,2	390 ± 3 mm	
ALTURA 1 (mm):	189	191	191	193	189	191	-	-	190,7	190 ± 3 mm	
ALTURA 2 (mm):	190	190	192	193	189	191	-	-	190,8	190 ± 3 mm	
ALTURA 3 (mm):	188	189	191	192	188	190	-	-	189,7	190 ± 3 mm	
LARGURA 3 (mm):	90	90	90	90	90	90	-	-	90,0	90 ± 2 mm	
LARGURA 3 (mm):	89	89	90	89	89	90	-	-	89,3	90 ± 2 mm	
LARGURA 3 (mm):	90	89	90	90	89	91	-	-	89,8	90 ± 2 mm	
COMPR. REAL (mm)	389,3	389,3	390,3	391,0	390,7	390,3	-	-	390,2	-	
ALTURA REAL (mm)	189,0	190,0	191,3	192,7	188,7	190,7	-	-	190,4	-	
LARGURA REAL (mm)	89,7	89,3	90,0	89,7	89,3	90,3	-	-	89,7	-	
ÁREA BRUTA (mm²)	34910,2	34780,4	35130,0	35059,7	34899,6	35260,1	-	-	35006,7	-	
ESPESSURA MÍNIMA DAS PAREDES											
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	-	MÉDIAS (mm)	TOLERÂNCIA INDIVIDUAL (mm)	
PAREDE LONGITUDINAL	1.1 (mm)	23	22	21	22	22	-	-	22,0	? 17 mm	
	1.2 (mm)	21	23	22	22	23	-	-	22,2	? 17 mm	
	2.1 (mm)	22	22	22	22	22	-	-	21,8	? 17 mm	
	2.2 (mm)	21	22	22	21	21	-	-	21,3	? 17 mm	
ESPESSURA MÍNIMA	21,8	22,3	21,8	21,8	22,0	21,5	-	-	21,8	-	
PAREDE TRANSVERSAL	1(mm)	22	20,5	20,5	22	21	22,5	-	-	21,4	? 17 mm
	2 (mm)	23	22	23	21,5	22	21	-	-	22,1	? 17 mm
	3 (mm)	22	20,5	21	22	22	22	-	-	21,6	? 17 mm
ESPESSURA EQUIVALENTE (mm/m):	172,1	161,8	165,2	167,5	166,4	167,8	-	-	166,8	? 134 mm	
DIMENSÕES DOS FUROS											
BLOCO (Nº):	01	02	03	04	05	06	-	-	MÉDIAS (mm)	TOLERÂNCIA (mm)	
TPO CENTRO 01	LONG. (mm):	157	159	156	157	158	158	-	-	157,5	-
	TRANS. (mm):	38	38	37	38	39	39	-	-	38,2	-
TPO CENTRO 2	LONG. (mm):	158	157	157	158	159	159	-	-	158,0	-