



PRISCILA ARARUNA ALVES

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO – UMA REVISÃO DA
LITERATURA**

PRISCILA ARARUNA ALVES

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRACÇÃO EM
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO – UMA REVISÃO DA
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Katharine Taveira de Brito Medeiros

Cajazeiras
2019

IFPB Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

A474a

Alves, Priscila Araruna

Análise da resistência à tração em argamassas de revestimento: uma revisão da literatura / Priscila Araruna Alves; orientadora Katharine Taveira de Brito Medeiros.-

92 f.: il

Orientadora: Katharine Taveira de Brito Medeiros.
TCC (Bacharelado em Eng. Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2019.

1 Argamassas de revestimento 2 Resistência de aderência à tração I.
Título.


666.9(0.067)

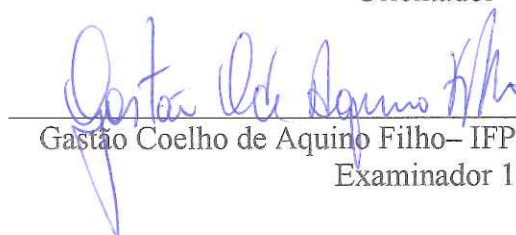
PRISCILA ARARUNA ALVES


**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRACÇÃO EM
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO – UMA REVISÃO DA
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA


Katharine Taveira de Brito Medeiros – IFPB-Campus Cajazeiras
Orientador


Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB - Campus Cajazeiras
Examinador 1


Cinthya Santos da Silva – IFPB-Campus Cajazeiras
Examinador 2

Cajazeiras, 11 de abril de 2019.

Dedico este trabalho primeiramente ao meu pai celestial, dono de toda ciência, sabedoria e poder. Antes que o ar já houvesse Ele já era Deus. Aos meus queridos, vovô Dilton (*in memorian*), vovô Duré (*in memorian*), e em especial à vovó Lúcia (*in memorian*), que chorou comigo diante da minha aprovação no curso dos meus sonhos, Engenharia Civil.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois eu, tão pequena e frágil, pedi ajuda nos momentos mais difíceis, quando achava que não era mais capaz, e ele me sustentou e me fez ver que tudo é possível para todo aquele que Nele crê.

Aos meus queridos pais, James e Elane, por fazerem o possível e impossível. Por me apoiarem e impulsionarem a sempre fazer o meu melhor diante das dificuldades. Por me fazerem ser quem eu sou hoje. Essa vitória é para eles e por eles.

À Professora Katharine, por ter me acolhido em situações adversas, por não medir esforços em me ajudar até nos domingos, e por ter me orientado com tamanho carinho, responsabilidade e apoio nos momentos em que mais precisei. E ao Professor Gastão, por toda ajuda na realização deste trabalho e pela sua disponibilidade. Obrigada por serem exemplos, pessoais e profissionais.

Ao meu Clube dos Cinco: Luanda, Sheldon, Alysson e Rafael, por terem me acompanhado nessa trajetória, desde o início do curso. Por se mostrarem sempre presentes quando precisei de ajuda. Por compartilharem tantos momentos difíceis, mas especiais, nunca esquecerei das nossas reuniões.

À minha prima Carmem, por não medir esforços em vir de Campina Grande – PB, só para me ajudar e estar ao meu lado. Por me impulsionar e segurar o meu choro desde a infância, diante de algumas situações.

A todos os professores que tive o prazer de conhecer, pelos sábios ensinamentos, pelos conselhos, por compartilhar o amor pela Engenharia, e por nos passar confiança diante da vida profissional que a partir de agora iremos exercer.

Aos meus colegas de turma, com quem compartilhei os desafios de uma turma pioneira, e a nossa conquista, pois agora seremos todos colegas de profissão.

E por fim, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus Cajazeiras*, por ter sido minha segunda casa no decorrer desses 5 anos, e pela oportunidade que me deu de adquirir tantos conhecimentos.

RESUMO

Uma manifestação patológica cada vez mais frequente em revestimentos de argamassa, é o descolamento do revestimento aplicado sobre as alvenarias de vedação ou estruturas de concreto, podendo trazer consequências negativas, tais como: risco a segurança dos usuários, desvalorização do imóvel e alto custo para manutenção. Diante disso, a aderência ao substrato se apresenta como uma das principais propriedades que a argamassa deve garantir durante sua vida útil, sendo um requisito indispensável na avaliação do desempenho de sistemas de revestimento. No Brasil, o ensaio comumente utilizado para se avaliar essa propriedade, é o de determinação da resistência de aderência à tração, prescrito segundo NBR 13528/2010. Neste sentido, o presente trabalho é resultado de uma revisão da literatura, realizada com o intuito de analisar os principais fatores que influenciam na determinação da resistência de aderência à tração, nos quais são: o tipo e as características do substrato, o tipo e a composição da argamassa, além do método executivo utilizado e as condições climáticas. Foram analisadas um total de 25 publicações, constando artigos científicos, monografias, dissertações de mestrado, teses de doutorado, compreendidas entre os anos de 1998 e 2018. A partir disso, verificou-se que o fator influente mais abordado nas publicações consideradas nesse estudo, foi as características do substrato, se mostrando extremamente significativo, pois as suas propriedades estão diretamente ligadas à ancoragem da argamassa, processo que fundamenta o desenvolvimento da resistência de aderência.

Palavras-Chave: Argamassa de Revestimento; Aderência; Resistência de aderência à tração.

ABSTRACT

A frequent pathological manifestation in mortar coatings is the detachment of the coating applied to the masonry wall or concrete structures, and may have negative consequences, such as risk to user's safety, property depreciation and high cost for maintenance. Therefore, the adherence to the substrate is one of the main properties that the mortar must guarantee during its lifespan, being an indispensable requirement in the evaluation of the performance of coating systems. In Brazil, the test commonly used to evaluate this property is the determination of tensile strength, prescribed according to NBR 13528/2010. In this sense, the present work is the result of a review of the literature, with the purpose of analyzing the main factors that influence in the determination of tensile strength, which are the type and characteristics of the substrate, composition and rheology of the mortar, in addition to the executive method and climatic conditions. A total of 25 publications were analyzed, including scientific articles, technical bulletins, monographs, master's dissertations, doctoral theses, between 1998 and 2018. From this, it was verified that the influent factor most approached in the publications considered in this study was the characteristics of the substrate, being extremely significant, because its properties are directly related to the anchorage of the mortar, a process that supports the development of the resistance of adhesion.

Keywords: Coating Mortar; Adherence; Tensile strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Controle de qualidade do revestimento aplicado.....	18
Figura 2 - Sistemas de Revestimento: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura.....	19
Figura 3 - Fluxograma de argamassa produzida em obra.....	28
Figura 4 - Fluxograma de preparo da argamassa ensacada.	29
Figura 5 - Silo e equipamento de mistura de argamassa.	29
Figura 6 - Projetor com recipiente acoplado do tipo: pistola (a) e caneca (b).....	31
Figura 7 - Bomba de argamassa (a) e mangote e pistola de projeção (b).....	31
Figura 8 - Tipos de curvas granulométricas.	38
Figura 9 - Principais fatores influentes na trabalhabilidade.	43
Figura 10 - Relação entre a densidade de massa e o teor de ar das argamassas.....	46
Figura 11 - Perda de aderência por descontinuidade da argamassa.	46
Figura 12 - (a) Perda de água em função da umidade relativa (b) Retração em função da perda de água.....	48
Figura 13 - Fissuração por retração na secagem: argamassa forte x argamassa fraca.....	48
Figura 14 - Evolução das propriedades da argamassa de revestimento.	50
Figura 15 - Mecanismos de aderência sob cisalhamento e sob tração.	51
Figura 16 - Mecanismo de penetração da pasta da argamassa no substrato.....	54
Figura 17 - Representação esquemática da atuação da etringita na aderência entre substrato e argamassa.....	54
Figura 18 - Processos ocorridos durante o desenvolvimento dos sistemas de aderência mecânico.....	55
Figura 19 - Fatores que exercem influência na aderência de argamassas.	56
Figura 20 - Gráfico da influência da taxa de absorção inicial de sucção de água do substrato	58
Figura 21 - Delimitação do corpo-de-prova de revestimento pelo corte.....	61
Figura 22 - Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco.	63
Figura 23 - Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco.....	63
Figura 24 - Diagrama de apresentação das etapas.....	64
Figura 25 - Fatores influentes na resistência de aderência à tração que serão analisados.....	65

Figura 26 - Quantidade de publicações por tipo de fator influente.	68
Figura 27 - Porcentagem de publicações que analisaram cada fator influente.....	68
Figura 28 - Resistência de aderência à tração média para blocos cerâmicos e blocos de concreto.	70
Figura 29 - Resistência média de aderência para os diferentes tipos de preparo do substrato.	71
Figura 30 - Resistência de aderência média para blocos cerâmicos lisos (a) e blocos cerâmicos nervurados (b).....	73
Figura 31 – Influência do teor de ar incorporado na resistência de aderência à tração.....	74
Figura 32 - Relação entre a resistência de aderência e a altura de lançamento da argamassa.	76
Figura 33 - Influência da ação do vento na resistência de aderência.	78
Figura 34 - Influência da ação da temperatura na resistência de aderência.	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos.	19
Quadro 2 - Classificação das argamassas.	24
Quadro 3 - Atividades e equipamentos de produção de argamassas.	27
Quadro 4 - Composições dos tipos de cimento Portland.	33
Quadro 5 - Propriedades físicas dos cimentos Portland normatizados.	34
Quadro 6 - Exigências para as propriedades físicas das cales.	36
Quadro 7 - Exigências para propriedades químicas das cales.	36
Quadro 8 - Variação das propriedades da argamassa com a alteração da composição relativa	37
Quadro 9 - Dimensão máxima característica do agregado para cada camada do revestimento.	39
Quadro 10 - Influência dos parâmetros granulométricos das areias nas principais propriedades das argamassas.	39
Quadro 11 - Tipos de aditivos e suas principais funções.	41
Quadro 12 - Principais propriedades das argamassas de chapisco e emboço/camada única. ..	42
Quadro 13 - Classificação das argamassa quanto à massa específica.	45
Quadro 14 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única.	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FIBRA – Federação das Indústrias do Distrito Federal

f_{ck} – Resistência Característica do Concreto

IRA – *Initial Rate Absorption*

NBR – Norma Brasileira

PIB – Produto Interno Bruto

R_a – Resistência de Aderência

SBTA – Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas

SciELO – Scientific Electronic Library Online

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

U – Teor de umidade

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO	17
2.1.1 Substrato	19
2.1.2 Chapisco	21
2.1.3 Emboço ou Camada Única	22
2.1.4 Reboco	23
2.2 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO.....	24
2.2.1 Classificação.....	25
2.2.1.1 Quanto ao Tipo do Aglomerante.....	25
2.2.1.2 Quanto ao tipo de preparo	26
2.2.1.3 Quanto à Execução.....	30
2.2.2 Materiais Constituintes	32
2.2.2.1 Aglomerantes	32
2.2.2.2 Agregado Miúdo	37
2.2.2.3 Água de Amassamento.....	39
2.2.2.4 Aditivos e Adições	40
2.2.3 Principais Propriedades	41
2.2.3.1 Estado Fresco	42
2.2.3.2 Estado Endurecido.....	47

2.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO.....	52
2.3.1 Mecanismos da Ligação	53
2.3.2 Fatores Influentes	55
2.3.3 Determinação da Resistência de Aderência à Tração (NBR 13528/2010).....	60
2.3.4 Tipos de Ruptura	62
3 METODOLOGIA.....	64
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
4.1 INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO.....	69
4.2 INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA.....	72
4.3 INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE EXECUÇÃO	75
4.4 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	77
5 CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE A – FATORES INFLUENTES ANALISADOS EM CADA PUBLICAÇÃO	

1 INTRODUÇÃO

Tem sido evidente que o setor da Construção Civil desempenha um papel determinante na economia brasileira, se destacando principalmente nas atividades de incorporação e construção, responsáveis pela crescente demanda por crédito imobiliário (CUNHA, 2012). Mesmo após a crise que assolou a indústria da construção, na qual a mesma teve seu ápice entre os anos de 2014 e 2016, esse setor respondeu por 6,2 % do PIB brasileiro, e contribuiu com 24% do total de empregos gerados no ano de 2017, segundo informações publicadas na Federação das Indústrias do Distrito Federal – FIBRA (2017).

Dessa forma, o cenário atual da construção civil se revela dinâmico e em constante avanço tecnológico, no que se refere aos métodos construtivos. Porém, vários especialistas em tecnologia construtiva tais como Azeredo (2007) e Thomaz (2009), acreditam que o setor ainda sofre com problemas relacionados ao desperdício, às perdas de tempo, materiais e recursos financeiros. Tais situações não podem ser vistas apenas como prejuízos financeiros, mas devem ter um entendimento mais amplo, incluindo o uso inadequado de equipamentos, materiais, mão de obra e recursos tecnológicos disponíveis.

Assim, qualquer obra, de pequeno ou grande porte, envolve uma grande quantidade de processos até a conclusão do produto final. Cada subsistema compreende uma ampla diversidade de soluções que podem ser adotadas. Neste contexto, de alternativas de práticas e tecnologias que serão empregadas, também se insere a escolha sobre o tipo de substrato utilizado (tijolo maciço, bloco cerâmico, bloco de concreto, gesso, etc.) e qual tipo de revestimento será o mais adequado.

O sistema de revestimento pode ser definido como aquele destinado ao acabamento, cuja aplicação se dá sobre a alvenaria, com o objetivo de agregar valor estético e de proteção à construção contra as ações externas (TOZZI; CURI; GALLEGOS, 2009), além de contribuir com diversas funções, tais como: isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, oferecer segurança contra o fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais (FIGUEROLA, 2004). A execução desse sistema pode ser dividida em duas etapas: de início, o preparo da base, no qual se procede com as camadas de chapisco, emboço e reboco, para, então, receber o acabamento final, como a pintura ou revestimento cerâmico.

Temos ainda que, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Terminologia (ABNT, 2013), o revestimento deve ser compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento

final e desempenho, previstos em projeto. Dessa forma, a partir dessas definições, conclui-se que a argamassa possui um papel determinante no desempenho dos sistemas de revestimento.

A argamassa para revestimento é um material de construção constituído basicamente pela mistura de um ou mais aglomerantes (cimento, cal), agregado miúdo (areia) e água, podendo ainda conter aditivos com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades à argamassa (LOPES e NETTO, 2014). Para garantir o seu bom desempenho, esse tipo de argamassa deve possuir algumas propriedades essenciais, tais como: trabalhabilidade, adesão inicial, retenção de água, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e aderência.

Com isso, a aderência ao substrato é uma das principais propriedades que a argamassa deve garantir durante sua vida útil, sendo um requisito muito importante na avaliação do desempenho de sistemas de revestimento. Para medir esse parâmetro, é utilizada a NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas: Determinação da resistência de aderência à tração (ABNT, 2010), que regulamenta e padroniza como deve ser realizado o ensaio. E é por meio da NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Especificação (ABNT, 2013), que são estabelecidos os valores limites da resistência de aderência à tração.

Porém, é importante salientar que, outros fatores influenciam no desempenho dos sistemas de revestimentos, e conseqüentemente na determinação da resistência de aderência à tração. Além das características das argamassas, temos que nos atentar para as características superficiais das bases ou substratos, as técnicas de execução e as condições ambientais do local onde se executa o revestimento. Os estudos realizados visam, em geral, o material (argamassa) sem relacioná-lo com esses outros fatores, que também influem no desempenho dos revestimentos.

Neste estudo, procura-se relacionar as características dos substratos e das argamassas com o intuito de entender a real importância de cada uma delas nas resistências de aderência, visto que problemas relacionados com falhas nos revestimentos existem no mundo inteiro, e é necessário analisar os principais fatores que levam às suas ocorrências.

O texto deste Trabalho de Conclusão de Curso encontra-se em um volume único distribuído da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução – Introdução, Justificativa, Objetivos da Pesquisa e Organização do Projeto.

- Capítulo 2: Revisão de Literatura – São abordados assuntos referentes ao Sistema de Revestimento, às Argamassas de Revestimento e suas propriedades e à Aderência de Resistência à Tração.
- Capítulo 3: Metodologia – São apresentados e relatados aspectos considerados importantes sobre os procedimentos para desenvolvimento do trabalho.
- Capítulo 4: Análise dos Resultados
- Capítulo 5: Conclusão

Por fim, estão as Referências, onde serão listadas as pesquisas citadas neste trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

Pode-se afirmar que os resultados dos ensaios de aderência do revestimento podem ser diretamente associados à ocorrência de patologias. Quanto menor for a aderência do revestimento, maior a probabilidade de o mesmo fissurar, trincar, absorver água, deformar e se deslocar do substrato (GROSSI, 2014).

Segundo Cincotto (1989), as eflorescências, o bolor, as vesículas, o descolamento com empolamento, o descolamento em placas, o descolamento com pulverulência, as fissuras horizontais e as fissuras mapeadas são as principais manifestações patológicas das argamassas de revestimento, e entre estas patologias supracitadas, verifica-se uma forte ligação do descolamento em placas com uma possível falha de aderência desenvolvida entre o revestimento argamassado e a base.

O impacto dessas patologias traz grandes consequências negativas, tais como, risco a segurança dos usuários, alto custo para manutenção, desvalorização do imóvel e diminuição da vida útil da fachada.

Particularmente, no caso das fachadas, as patologias dos revestimentos comprometem a imagem da Engenharia e Arquitetura do país, sendo uma agressão às vistas da população, à integridade das edificações e ferindo o conceito de habitabilidade, direito básico dos proprietários das unidades imobiliárias. Além da desvalorização natural do imóvel devido aos aspectos visuais, a base dos revestimentos (alvenaria ou concreto), sem o adequado acabamento final, torna-se vulnerável às infiltrações de água e gases, o que conseqüentemente conduz a sérias deteriorações no interior dos edifícios, podendo ser as mesmas de ordem estética ou até mesmo estrutural (CARVALHO JR; SILVA; NETO, 1999).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objeto de estudo a análise da resistência de aderência de argamassas, por meio de revisão literária. Na qual, se mostra imprescindível para identificar qual conjunto de fatores fornece uma melhor condição para determinação desse parâmetro. Pois, todas essas patologias podem ser evitadas ou minimizadas, através do conhecimento do funcionamento dos mecanismos que têm influência sobre o desempenho do revestimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise dos principais fatores que influenciam na determinação da resistência de aderência à tração em argamassas de revestimento.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Compreender as propriedades e funções dos sistemas de revestimento de argamassas inorgânicas;
- Determinar qual fator influente na resistência de aderência foi mais abordado nas publicações consideradas no presente estudo;
- Verificar a influência da escolha do substrato e das suas características superficiais na determinação da resistência de aderência à tração;
- Analisar a influência do tipo e composição da argamassa na determinação da resistência de aderência à tração;
- Analisar a influência do método executivo do sistema de revestimento e das condições climáticas na determinação da resistência de aderência à tração;
- Sintetizar os resultados apresentados nos ensaios das pesquisas abordadas e concluir quais parâmetros são mais favoráveis para a resistência de aderência do sistema de revestimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO

O sistema de revestimento é uma tecnologia construtiva usada desde a Idade Média, que, nos últimos anos, tem apresentado modificações significativas. Por exemplo, antigamente, as alvenarias eram utilizadas para desempenhar além de funções de vedação, funções estruturais. Já as argamassas eram comumente compostas de areia e cal. Atualmente, vemos que, com o desenvolvimento do concreto armado, este passou a exercer toda a função estrutural, e com a invenção do cimento Portland, conseguiu-se uma melhora nas propriedades de resistência e aderência das argamassas (CEOTTO; BANDUK; NAKAKURA, 2005).

Além disso, observaram-se também grandes mudanças, nos tipos e processos de aplicações das argamassas, onde, hoje já são bem utilizadas as argamassas industrializadas e projetadas, proporcionando uma melhoria da qualidade e otimizando o seu tempo de execução. Por outro lado, ao mesmo tempo que houve esse processo de evolução dos materiais e técnicas utilizadas, também aumentou a incidência de patologias, como fissuras e destacamento das argamassas.

Dessa forma, temos que, segundo Nakakura e Cincotto (2004), vários fatores têm interferência direta no desempenho dos revestimentos, incluindo as características da base, os materiais empregados e o método de aplicação. E devido a esse grande número de variáveis que influenciam principalmente no seu comportamento mecânico, ainda faltam estudos (ESQUIVEL, 2009).

A NBR 13529 (ABNT, 2013), define sucintamente o sistema de revestimento como sendo um “conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo”. Bauer (2005), acrescenta que esse sistema pode ser entendido como um conjunto de subsistemas, onde suas funções vão desde a proteção à alvenaria e estanqueidade, até funções estéticas, pois também se constitui como elemento de acabamento das vedações.

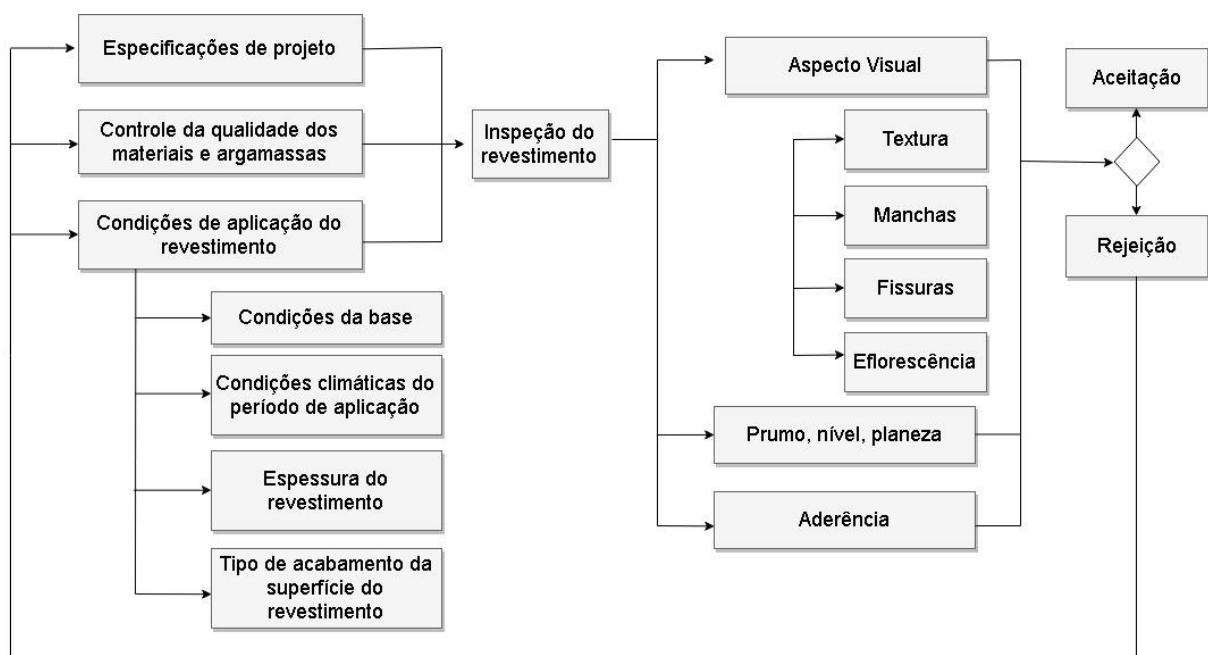
Seguindo a mesma linha de pensamento, Carasek (2010) detalha que as principais funções de um revestimento de argamassa são:

- Proteger o substrato utilizado contra a ação do intemperismo, no caso dos revestimentos externos;

- Compor o sistema de vedação, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais;
- Regularizar a superfície dos substratos e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

Temos ainda que, segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013) o revestimento deve apresentar resistência mecânica decrescente ou uniforme, a partir da primeira camada em contato com a base. Além disso, com relação ao seu aspecto, essa norma prescreve que o mesmo não deve apresentar imperfeições, tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescência, devendo ser prevista na especificação de projeto a aceitação ou rejeição, após ser feita fiscalização, por meio do controle de qualidade (Figura 1).

Figura 1 – Controle de qualidade do revestimento aplicado.



Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013).

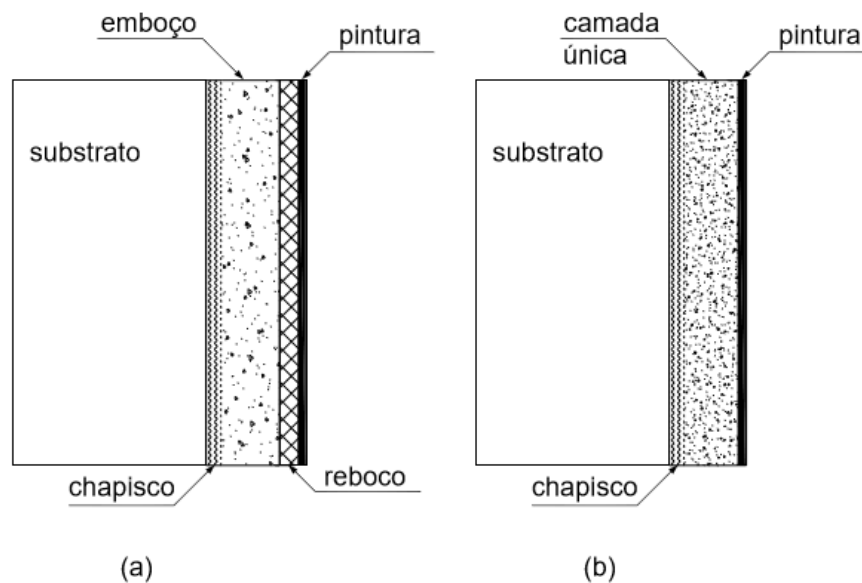
De modo geral, os revestimentos são sempre constituídos de diversas camadas de materiais diferentes ligadas entre si. Assim, qualquer deformação em uma dessas camadas resultará no aparecimento de tensões em todo o conjunto. Tais tensões dependem da espessura, do módulo de elasticidade e, enfim, de todas as características físicas de cada camada (FIORITO, 2009).

Conforme Veiga (2003 *apud* Diógenes 2016), as características finais dos revestimentos dependem das técnicas de sua aplicação. É comum sua aplicação em três camadas distintas, sendo essas o chapisco, o emboço e o reboco (Figura 2a). No entanto, devido à

racionalização e a redução de custos na construção civil, no Brasil, observa-se uma tendência de sistemas de revestimento composto somente por chapisco e camada única (Figura 2b). Porém, as peculiaridades de cada situação exigem soluções mais específicas para cada caso (BAUER, 2005).

A NBR 13749 (ABNT, 2013) apresenta as espessuras admissíveis do revestimento para paredes e tetos em locais internos e externos (Quadro 1), e ainda ressalta que no caso de ser necessário aplicação de revestimento com espessura maior, devem ser tomados cuidados especiais que garantam a sua aderência.

Figura 2 - Sistemas de Revestimento: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura.



Fonte: Carasek (2010).

Quadro 1 - Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos.

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

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013).

2.1.1 Substrato

Considerando a especificação do sistema de revestimento, não se deve limitar somente ao conhecimento das argamassas a serem utilizadas, para se obter o desempenho satisfatório do sistema de revestimento. É importante conhecer também que tipo de base ou substrato foi utilizado, assim

como a influência do seu tipo e características, não somente pelo seu efeito estético, mas no sentido de auxiliar a escolha do revestimento mais conveniente em cada caso.

A NBR 13529 (ABNT, 2013) define substrato como sendo “parede ou teto constituídos por material inorgânico, não metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado”. E embora não faça parte do sistema de revestimento em si, em todas as situações, os sistemas serão aplicados sobre ele, formando um conjunto bem aderido e contínuo, necessário ao desempenho global.

Caso os substratos não tenham as características necessárias ao bom desempenho do sistema, deve-se usar elementos que o auxiliem a garantir as características ideais para a posterior aplicação do revestimento, como por exemplo, o uso do chapisco em bases que possuem aderência inadequada.

A NBR 7200– Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Procedimento (ABNT, 1998), prescreve algumas diretrizes com relação às condições e limpeza da base, dentre elas:

- Os substratos devem atender às exigências de planeza, prumo e nivelamento fixados nas normas de alvenaria e de estruturas de concreto;
- Substratos com elevada absorção, devem ser pré-molhados, exceto parede de bloco de concreto, além de realizar aplicação prévia de chapisco, quando a superfície a revestir tiver pouca aderência ou quando não apresentar rugosidade superficial;
- A base a ser revestida deve estar limpa, livre de pó, graxa, óleo, eflorescência, materiais soltos ou quaisquer produtos ou incrustações que venham a prejudicar a aderência do revestimento.

Além disso, sempre deve ser garantida uma boa aderência do substrato com o revestimento para um bom desempenho do mesmo. A rugosidade superficial da base, é importante para o desenvolvimento dessa aderência, pois permite um maior intertravamento do revestimento à base, além de aumentar a superfície de contato. O substrato deve ter, ainda, boa porosidade, que influencia na sucção de água nos momentos após a aplicação e também no tempo de sarrafeamento, além de influenciar também na aderência, por proporcionar uma maior área de contato com a argamassa aplicada (BAUER, 2005).

Os substratos podem ser classificados de diferentes formas, dentre elas, pela natureza dos materiais constituintes, podendo ser de blocos cerâmicos, tijolos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular, elementos estruturais de concreto, entre outros.

Pode-se dizer que os mais utilizados no Brasil são os blocos cerâmicos de vedação e blocos de concreto estrutural, além dos elementos estruturais necessários em qualquer processo

construtivo, como pilares, vigas e lajes. Os blocos cerâmicos de vedação não têm a função de suportar outras cargas verticais além do seu peso próprio e pequenas cargas de ocupação. Já os blocos de concreto e elementos estruturais são projetados para suportarem outras cargas verticais além do seu peso próprio, compondo o arcabouço estrutural da edificação (CARVALHO JR., 2005).

2.1.2 Chapisco

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), chapisco é a “camada de preparo de base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto á absorção e melhorar a aderência do revestimento”. Assim, é importante salientar que, segundo alguns autores, como Leal (2003) e Silva (2006), o chapisco não se constitui como uma camada de revestimento, mas sim como um procedimento de preparação de base, de espessura irregular, sendo necessário em certos casos, para melhorar a resistência de aderência entre o substrato e o revestimento.

Dessa forma, pode-se dizer que suas principais funções são criar uma superfície com rugosidade apropriada e regular a capacidade de absorção inicial da base, melhorando a aderência entre ela e a camada de revestimento. E sua aplicação, segundo Silva (2006), depende basicamente de dois fatores:

- Baixa capacidade de aderência da base: quando a superfície da base é muito lisa ou com porosidade inadequada;
- Revestimento sujeito a ações de maior intensidade: os revestimentos externos em geral, revestimentos de teto, e nas superfícies de concreto armado, onde as solicitações mecânicas são mais elevadas.

Quanto à sua espessura, esta deve ser em torno de 5 mm, dependendo das características granulométricas da areia que será utilizada (ANTUNES, 2010). Além disso, Yazigi (2009) afirma que, antes da aplicação do chapisco, o substrato precisa ser abundantemente molhado, para que não ocorra absorção da água necessária à sua cura. Porém, o autor ressalta que o excesso de água, pode ser prejudicial, pois os poros saturados irão inibir o microagulhamento da pasta de aglomerante dentro dos mesmos, comprometendo a aderência sobre os substratos. Neste caso, o chapisco pode ser feito com argamassa fluida no traço 1:3 (cimento e areia) em volume.

Podemos classificar o chapisco quanto à sua execução, assim sendo, conforme Bauer (2005) e Leal (2003) mencionam, ele pode ser dos seguintes tipos:

a) Chapisco convencional: composto por uma argamassa fluída de traço em volume de 1:3 (cimento: areia grossa), seu lançamento sobre a superfície é feito vigorosamente com a colher de pedreiro, de tal forma que garanta uma boa rugosidade. Deve-se considerar um tempo de cura de 2 a 3 dias, para aplicação da próxima camada, de forma que ocorra a devida hidratação do cimento;

b) Chapisco rolado: composto por uma argamassa de traço em volume de 1:3 ou 1:5 (cimento: areia fina), onde geralmente são adicionados adesivos poliméricos. Sua aplicação deve ser feita com rolo de pintura, e recomenda-se que não sejam realizados movimentos de vai e vem, pois pode ocorrer selagem dos poros, e sim movimentos em um só sentido. Além disso, como a argamassa é muito fluida, deve-se ter um cuidado especial com a decantação da areia, misturando bem o material a cada aplicação do rolo. Seu uso é recomendado em ambientes externos, principalmente em estruturas de concreto;

c) Chapisco industrializado: composto por argamassa industrializada fornecida em sacos, na qual, para seu preparo, basta misturá-la com água, de acordo com as recomendações do fabricante. Sua aplicação deve ser feita com a desempenadeira denteada, onde, primeiramente com o seu lado liso espalha-se o produto sobre a base, e depois, com o lado dentado, deve-se formar cordões uniformes, de mesma altura e espessura. A rugosidade é obtida através da formação desses filetes, logo, deve-se que a altura dos mesmos não seja acima de 5 mm, pois o preenchimento desta rugosidade pela argamassa de revestimento não ocorre em toda a extensão. Segundo fabricantes, podem ser utilizados em ambientes internos e externos, e em bases com baixa capacidade de absorção;

d) Chapisco modificado com polímeros: é similar ao chapisco convencional, diferenciando-se a este, devido a adição de adesivos poliméricos, com o intuito de melhorar a resistência de aderência do revestimento, e também outras propriedades importantes, como a regularização de absorção de água e capacidade de deformação.

2.1.3 Emboço ou Camada Única

É uma camada de argamassa, aplicada após a devida cura do chapisco, cuja principal função é a regularização da superfície. Se destina a receber as camadas posteriores do revestimento (reboco, cerâmica, ou outro tipo de revestimento). Para isso, deve apresentar porosidade e textura

superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto (SILVA, 2006).

Dessa forma, o emboço normalmente apresenta uma granulometria um pouco mais grossa do que a camada única e o reboco. Quanto ao seu acabamento, é feito somente o sarrafeamento da superfície, deixando a textura áspera para melhorar a aderência de outros materiais que serão posteriormente aplicados, como o reboco ou a argamassa colante no assentamento de peças cerâmicas (BAUER, 2005).

Como já foi dito, existem dois casos distintos quanto a designação dessa camada, onde o sistema de revestimento pode ser constituído por emboço e reboco ou só por uma camada única, chamado popularmente de “reboco paulista”, é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil. Sabbatini, Maciel e Barros (1998) ressaltam que, nos revestimentos constituídos por duas camadas, cada uma delas cumpre funções específicas, onde o emboço é uma camada de regularização da base e o reboco, uma camada de acabamento. Já os revestimentos constituídos por uma única camada, a mesma tem função dupla, ou seja, deve atender às funções de emboço e reboco, simultaneamente.

2.1.4 Reboco

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), o reboco pode ser definido como uma “camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final”.

Silva (2006) acrescenta que o reboco deve ser aplicado sobre o emboço, e deve possuir no máximo 5 mm de espessura, apenas para constituir uma película contínua e íntegra sobre a camada anterior. Além disso, é o reboco que confere a textura superficial final aos revestimentos, para posterior acabamento final, como por exemplo, a pintura. Dessa forma, não deve apresentar fissuras, tendo a argamassa que apresentar elevada capacidade de acomodar deformações.

Tem-se ainda, conforme a NBR 7200 (ABNT, 1998), para o caso de argamassas preparadas em obras, que para a aplicação do reboco, o emboço deve ter no mínimo 21 dias de idade, para emboço de argamassa de cal, ou 7 dias de idade, para emboço de argamassas mistas ou hidráulicas.

2.2 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

A NBR 13529 (ABNT, 2013) define argamassa de revestimento como sendo uma “mistura homogênea de agregado (s) miúdo (s), aglomerante (s) inorgânico (s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. A mesma é destinada para revestir alvenarias, estruturas de concreto, tetos, entre outros.

E por meio da NBR 13749 (ABNT, 2013), é especificado que a argamassa de revestimento deve atender à algumas condições, dentre elas, destaca-se:

- Os materiais e suas dosagens devem ser compatíveis com o acabamento escolhido e as condições de exposição;

- Apresentar resistência mecânica de acordo com o tipo de acabamento;

Podemos classificá-las segundo vários critérios, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das argamassas.

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

Fonte: Carasek (2010).

Os materiais utilizados na composição das argamassas são os responsáveis pelos seus comportamentos desde a sua aplicação, até a durabilidade deste material ao longo do tempo. Assim, os materiais escolhidos influenciam na trabalhabilidade e na qualidade dos revestimentos argamassados. Por isso estuda-se a seguir os diversos tipos e características dos

materiais, além dos tipos de preparo e lançamento, com as conseqüentes influências provocadas nas propriedades das argamassas utilizadas na construção civil.

2.2.1 Classificação

2.2.1.1 Quanto ao Tipo do Aglomerante

Segundo Recena (2012) e Silva (2006), as argamassas podem ser classificadas quanto ao tipo de aglomerante, dentre elas, podemos destacar as mais utilizadas.

a) Argamassas de Cimento Portland

São as argamassas compostas essencialmente por cimento Portland (aglomerante hidráulico), agregado miúdo e água. A grande resistência mecânica, esperada pelo elevado consumo de cimento, aumenta o módulo de deformação desse tipo de argamassa tornando-a mais rígida e menos deformável, porém apresenta pouca trabalhabilidade e se torna mais suscetível à retração, não raro com intensa fissuração quando aplicadas em revestimentos. Além disso, resistem bem à umidade, assim podem ser utilizadas em fundações ou outras construções em contato com solo úmido e água, em revestimento externo, na confecção de pisos como argamassa armada, em chapiscos, etc.

b) Argamassas de Cal

É um tipo de argamassa composta por cal, agregado miúdo e água. A pasta de cal preenche os vazios entre os grãos do agregado miúdo, melhorando a sua plasticidade. Como a cal é um aglomerante aéreo, apresentam baixa resistência à umidade, além de possuírem baixa resistência mecânica e módulo de deformação, resultando em uma grande capacidade de absorver deformações. Também apresentam baixa ocorrência de fissuras por retração, principalmente quando empregadas em revestimentos.

Dessa forma, seu emprego deve ser limitado a locais secos e bem arejados, caso contrário será fundamental a adoção de algum sistema de impermeabilização. Entretanto, atualmente são vendidas como um material intermediário para posterior complementação com cimento Portland, pois o uso de argamassa composta somente de cal como aglomerante, praticamente não são mais vistos como antigamente, onde era o tipo de argamassa mais utilizada.

c) Argamassas Mistas

Este tipo de argamassa utiliza basicamente cimento, cal, agregado miúdo e água. Se constitui como um material intermediário, entre as argamassas de cimento e as argamassas de cal, e suas características variam em grande amplitude dependendo da proporção entre cal e cimento Portland, estabelecida na dosagem. No Brasil, é o tipo de argamassa mais empregada, onde são comumente utilizados os tradicionais traços em volume 1:1:6 (cimento: cal: areia) para revestimentos externos e 1:2:9 (cimento: cal: areia) para revestimentos internos.

Nestas argamassas o cimento entra com as funções de acelerar o tempo de pega da mistura, permitindo o acabamento das superfícies em um prazo menor, ou para que o produto final apresente uma maior resistência à umidade, permitindo seu emprego em algumas situações específicas. Por outro lado, a cal, é empregada em função de sua grande plasticidade e capacidade de retenção de água, permitindo a obtenção de uma argamassa com grande volume de pasta, mas com uma resistência mecânica muito menor do que argamassas de cimento Portland.

2.2.1.2 Quanto ao tipo de preparo

A produção de argamassas corresponde a mistura ordenada dos seus materiais constituintes, nas devidas proporções, por um determinado período de tempo, utilizando equipamentos específicos. Dessa forma, quanto ao tipo de preparo, a argamassa pode ser preparada na obra, industrializada fornecida em sacos ou industrializada fornecida em silos (Quadro 3). Cada tipo de preparo determina as atividades de produção, e na escolha das ferramentas e equipamentos necessários (SABBATINI; MACIEL; BARROS, 1998).

Quadro 3 - Atividades e equipamentos de produção de argamassas.

Argamassa	Atividades	Equipamentos
Preparada em obra	Medição, em massa ou em volume, das quantidades de todos os materiais constituintes; transporte desses materiais até o equipamento de mistura; colocação dos materiais no equipamento; mistura.	Equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira); recipientes para a medição dos materiais (carrinhos-de-mão ou padiolas); pás; peneiras para eliminar torrões e materiais estranhos ao agregado.
Industrializada (fornecida em sacos: materiais em estado seco e homogêneo)	Colocação da quantidade especificada do material em pó no equipamento de mistura, seguida da adição de água.	Argamassadeira e os recipientes para a colocação da água.
Fornecida em silos	Medição mecanizada. Um equipamento de mistura pode ser acoplado no próprio silo ou um outro equipamento de mistura específico, localizado nos pavimentos do edifício efetua a mistura.	Equipamento de mistura específico.

Fonte: Sabbatini, Maciel e Barros (1998).

a) Argamassas Preparadas na Obra

São as argamassas tradicionais, preparadas no canteiro de obras por meio da mistura manual ou em betoneira de seus componentes (aglomerantes, agregados e água), podendo ainda ser empregados aditivos e/ou adições. Podem ser compostas apenas de cimento e areia, assim como podem ser mistas de cimento e cal, dessa forma, nos dois casos deve-se realizar uma dosagem prévia, para garantir seu bom desempenho (RECENA, 2012).

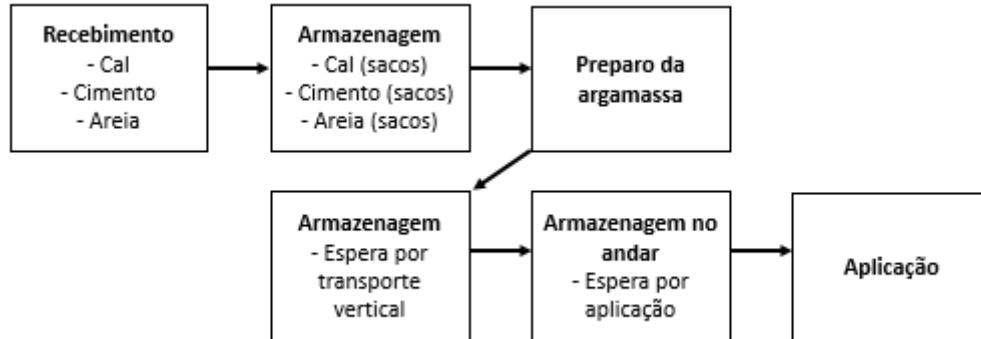
De maneira geral, as argamassas preparadas na obra apresentam custo inferior às misturas semiprontas, industrializadas ensacadas e dosadas em central, somente com relação ao valor do produto, sem analisar os benefícios introduzidos no processo de produção (CARVALHO JR., 2005).

Entretanto, segundo Bauer (2005) esse tipo de preparo possui algumas desvantagens, dentre elas:

- Falta de homogeneidade de características do revestimento produzido, isso se deve ao fato de que cada operário decide qual a consistência da argamassa que é mais adequada;
- Falta dosagem adequada das argamassas de cimento;
- Falta de controle tecnológico e de recebimento dos materiais constituintes;
- Elevada demanda de mão-de-obra, e geralmente falta de agilidade no processo, o que acarreta em desperdícios e aumento de custo.

O processo de produção de argamassas feitas na obra envolve etapas desde o recebimento dos materiais no canteiro até a sua aplicação, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma de argamassa produzida em obra.



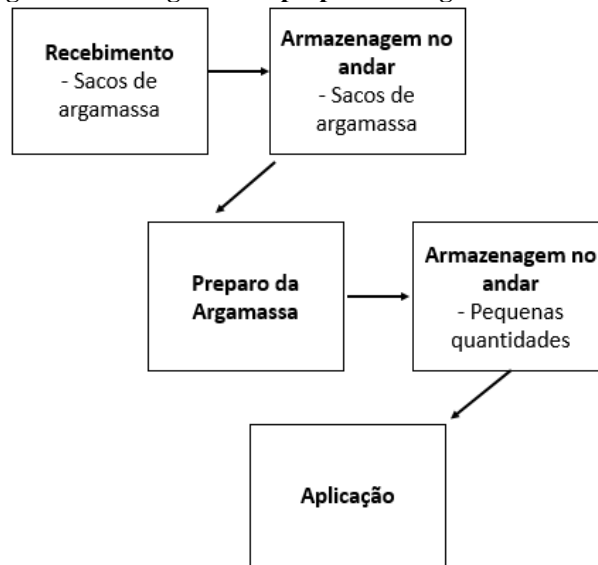
Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2019)

b) Argamassa Industrializada Ensacada

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2019) as argamassas industrializadas são compostas por agregados com granulometria controlada, cimento Portland e aditivos especiais que otimizam as suas propriedades, no estado fresco e endurecido. São fabricadas em indústrias, onde os agregados miúdos, os aglomerantes e os aditivos em pó, são misturados a seco e ensacados. Assim, devido ao processo de fabricação mecanizado e com controle rígido de produção, essas argamassas apresentam grande uniformidade de dosagem.

Para a sua aplicação, o material em pó é adicionado no equipamento de mistura, seguida da adição de água, de acordo com as especificações do fabricante. Os equipamentos necessários são a argamassadeira e os recipientes para a adição da água (SANTOS, 2003). O seu fluxograma de preparo está apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de preparo da argamassa ensacada.



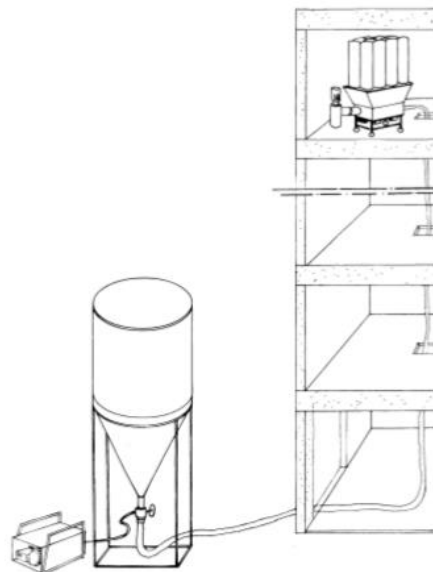
Fonte: ABCP (2019).

c) Argamassa industrializada fornecida em silos

As argamassas entregues em silos são produzidas em indústrias, onde os seus componentes, os agregados, aglomerantes e aditivos, são misturados a seco e armazenados em silos metálicos, que posteriormente são levados por caminhões até as obras (ABCP, 2019).

O transporte desse material em pó pode ser feito por meio de mangueiras, que interligam o silo até o equipamento de mistura específico, localizado no pavimento em que se pretende executar o revestimento, como mostra a Figura 5 (SABBATINI; MACIEL; BARROS, 1998).

Figura 5 - Silo e equipamento de mistura de argamassa.



Fonte: Sabbatini, Maciel e Barros (1998).

2.2.1.3 Quanto à Execução

Segundo Sabbatini, Maciel e Barros (1998), a aplicação da argamassa sobre uma superfície deve ser feita por lançamento enérgico do material sobre a base, de forma manual ou projetada mecanicamente. Atualmente, em muitos países europeus a execução de revestimentos tem sido feita utilizando-se a projeção mecânica contínua de argamassas, entretanto, no Brasil, poucas construtoras a utilizam (AUSTIN; ROBINS; GOODIER, 2002).

Na maior parte do país a aplicação da argamassa ocorre por lançamento manual e, em algumas empresas, é utilizada a projeção mecânica por spray com a ar comprimido, equipamento que possibilita o uso de argamassas preparadas na obra (SABBATINI; MACIEL; BARROS, 1998). Além disso, tem-se a técnica de projeção mecânica contínua, menos utilizada do que as anteriores, que exige argamassas industrializadas com reologia tal que sejam possíveis seu bombeamento e projeção contínuos (SANTOS, 2003).

Dessa forma, de acordo com Paravisi (2008), pode-se explicar sucintamente como ocorre cada técnica:

a) Aplicação Manual

Para a execução por meio de aplicação manual, primeiramente é feita a execução de guias, como taliscas e mestras, para controle da espessura, nível, prumo e planicidade do mesmo. Após isso, a argamassa de revestimento é aplicada com o auxílio de uma colher de pedreiro. Posteriormente, a camada deve ser sarrafeada após o “tempo de puxar”, e então é feito o desempenamento, para o caso de revestimentos de camada única. Já para revestimentos do tipo emboço e reboco a NBR 7200 (ABNT, 1998) recomenda pelo menos 7 dias de cura do emboço para a aplicação da camada de reboco.

b) Projeção Mecânica com Spray a Ar Comprimido

Para o caso de projeção por spray a ar comprimido, utiliza-se um equipamento simples, que é o projetor com recipiente acoplado, podendo este ser encontrado de dois tipos: a pistola (Figura 6a) e a caneca de projeção (Figura 6b). Assim, nesse sistema, o ar comprimido fornecido por um compressor é introduzido diretamente no recipiente do projetor para aplicar o material à base. Porém, é importante ressaltar que o peso do equipamento com a argamassa dentro é uma

desvantagem, pois exige grande esforço físico do operador, além do que, o pequeno volume do recipiente limita a projeção.

Figura 6 - Projeter com recipiente acoplado do tipo: pistola (a) e caneca (b).

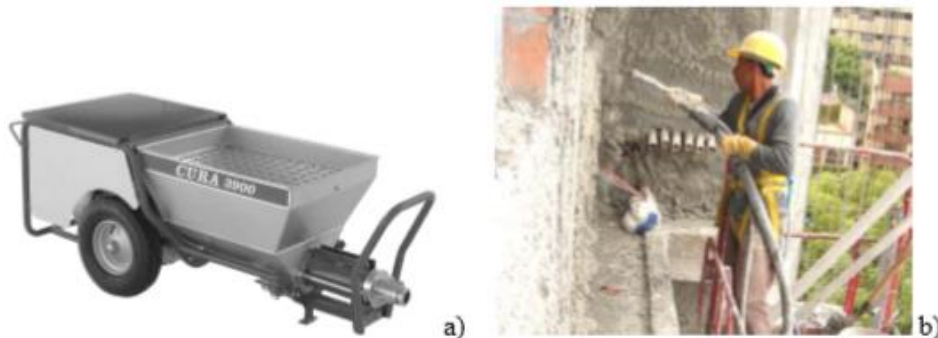


Fonte: Dualib (2005 apud Paravisi 2008).

c) Projeção Mecânica Contínua

Já as bombas de argamassa (Figura 7a) são equipamentos mais sofisticados e exigem maiores mudanças no sistema de produção. Normalmente são utilizados misturadores de argamassa integrados ou dispostos de forma que a argamassa saia do misturador direto para o recipiente da bomba com o objetivo de atender a grande capacidade de volume de bombeamento do equipamento. A argamassa fresca é bombeada do recipiente da bomba continuamente através de mangotes até a pistola de projeção (Figura 7b).

Figura 7 - Bomba de argamassa (a) e mangote e pistola de projeção (b).



Fonte: Paravisi (2008).

2.2.2 Materiais Constituintes

2.2.2.1 Aglomerantes

a) Cimento Portland

Segundo a ABCP (2002), o cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido sob ação da água, não se decompõe mais. Assim, o cimento Portland é composto de clínquer e adições.

- **Clínquer:** é o seu principal componente e está presente em todos os tipos de cimento Portland. Se configura como um material granulado, que é resultante da calcinação de uma mistura de rocha calcária britada e moída com argila moída, submetida a temperaturas da ordem de 1450°C. Então, na saída do forno, o clínquer é bruscamente resfriado para posteriormente ser finamente moído, transformando-se em pó.

- **Adições:** são principalmente as adições que definem os diferentes tipos de cimento. As adições são matérias-primas que, misturadas ao clínquer na fase de moagem, permitem a fabricação dos diversos tipos de cimento Portland hoje disponíveis no mercado. As principais são: o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolônicos e os materiais carbonáticos.

Dessa forma, de acordo com NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos (ABNT, 2018), os principais tipos de cimento Portland são os apresentados no Quadro 4, onde também se encontra a variabilidade de cada tipo, em função de suas respectivas resistências e composições.

Quadro 4 - Composições dos tipos de cimento Portland.

Designação normalizada		Sigla	Classe de resistência	Sufixo	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
Cimento Portland comum		CP I	25, 32 ou 40	RS ou BC	95 – 100	0 – 5		
		CP I-S			90 – 94	0	0	6 – 10
Cimento Portland composto com escória granulada de alto-forno		CP II-E			51 – 94	6 – 34	0	0 – 15
Cimento Portland composto com material pozolânico		CP II-Z			71 – 94	0	6 – 14	0 – 15
Cimento Portland composto com material carbonático		CP II-F			75 – 89	0	0	11 – 25
Cimento Portland de alto forno		CP III			25 – 65	35 – 75	0	0 – 10
Cimento Portland pozolânico		CP IV			45 – 85	0	15 – 50	0 – 10
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V ^a	ARI		90 – 100	0	0	0 – 10
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40		75 – 100	–	–	0 – 25
	Não estrutural		–	–	50 – 74	–	–	26 – 50
^a No caso de cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos (CP V-ARI RS), podem ser adicionadas escórias granuladas de alto-forno ou materiais pozolânicos.								

Fonte: NBR 16697 (2018).

A escolha do tipo de cimento, para as argamassas, depende das características desejadas em relação à sua cura e às necessidades de resistência mecânica e química. Para usos comuns, podem ser utilizados os cimentos CP I, CP II, CP III ou CP IV. Porém, para os casos dos cimentos CP III e CP IV, deve-se verificar se o tempo de início e fim de pega não irão prejudicar o serviço em questão, como por exemplo, a execução de chapisco ou outros serviços que demandem tempo de cura acelerado. Além disso, o uso desses dois tipos é recomendado em ambientes mais agressivos, sujeitos a ataque químico. Já o cimento CP V não tem seu uso recomendado para a execução das argamassas, devendo-se evitar sua utilização também em ambientes sujeitos a ataque químico (SOUZA *et al.*, 1996).

Bauer (2005) afirma que as propriedades intrínsecas de cada tipo de cimento podem ser determinantes no desempenho das argamassas tanto no estado fresco, como também no estado endurecido. O Quadro 5 apresenta as exigências das propriedades físicas dos cimentos, de acordo com a NBR 16697 (ABNT, 2018).

Quadro 5 - Propriedades físicas dos cimentos Portland normatizados.

Sigla ^a	Classe	Finura		Tempo de início de pega min	Expansibilidade a quente mm	Resistência à compressão MPa				Índice de brancura -
		Resíduo na peneira 75 μm %				1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	
CP I CP I-S	25	$\leq 12,0$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 8,0$	$\geq 15,0$	$\geq 25,0$	-	
CP II-E CP II-F	32	$\leq 12,0$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 10,0$	$\geq 20,0$	$\geq 32,0$		
CP II-Z	40	$\leq 10,0$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 15,0$	$\geq 25,0$	$\geq 40,0$		
CP III CP IV	25	$\leq 8,0$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 8,0$	$\geq 15,0$	$\geq 25,0$		
	32	$\leq 8,0$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 10,0$	$\geq 20,0$	$\geq 32,0$	-	
	40	$\leq 8,0$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 12,0$	$\geq 23,0$	$\geq 40,0$	-	
CP V	ARI	$\leq 6,0$	≥ 60	≤ 5	$\geq 14,0$	$\geq 24,0$	$\geq 34,0$	-	-	
CPB Estrutural	25	$\leq 12^b$	≥ 60	≤ 5		$\geq 8,0$	$\geq 15,0$	$\geq 25,0$	≥ 78	
	32	$\leq 12^b$	≥ 60	≤ 5		$\geq 10,0$	$\geq 20,0$	$\geq 32,0$		
	40	$\leq 12^b$	≥ 60	≤ 5		$\geq 15,0$	$\geq 25,0$	$\geq 40,0$		
CPB Não estrutural	-	$\leq 12,0^b$	≥ 60	≤ 5	-	$\geq 5,0$	$\geq 7,0$	$\geq 10,0$	≥ 82	

^a Requisitos aplicáveis também aos cimentos resistentes a sulfatos e de baixo calor de hidratação, identificados por sua sigla seguida do sufixo RS ou BC, respectivamente.

^b Resíduo na peneira 45 μm .

Fonte: Bauer (2005).

A ABCP (2019) ressalta que, a influência do cimento nas propriedades das argamassas afeta principalmente na resistência mecânica, de forma que, um aumento no teor de cimento, aumenta diretamente a resistência mecânica. Além disso, o cimento também contribui para a retenção da água de mistura e na plasticidade, sendo proporcionais a finura desse aglomerante.

Apesar do fato do teor cimento na mistura aumentar diretamente a resistência mecânica ser interessante do ponto de vista de alguns parâmetros, o mesmo pode ser desfavorável caso o módulo de deformação da argamassa aumente demasiadamente, tornando os sistemas de revestimentos pouco deformáveis, o que contribui para o aumento da fissuração e até deslocamento de parte do revestimento (BAUER, 2005).

Dessa forma, se por um lado, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração e o índice de fissuras, por outro, maior também será a resistência de aderência à base. Carasek (1996 *apud* DUBAJ, 2000) acrescenta que essa resistência de aderência do revestimento é essencialmente atribuída ao cimento, variando de acordo com o seu tipo. Assim, o cimento ideal para a argamassa deve ter pega mais lenta e ganho de resistência ao longo do tempo para evitar o desenvolvimento de fissuras.

b) Cal

Bauer (2005) define a cal como sendo um aglomerante que desenvolve seu endurecimento através da transformação da cal em carbonato de cálcio, por fixação do gás carbônico existente no ar, em um processo chamado de carbonatação. Assim, segundo o autor, têm-se dois tipos de cales que podem ser empregados na produção das argamassas:

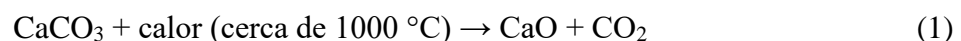
- Cal virgem: sob a forma de óxidos de cálcio ou óxidos cálcio e magnésio, extinto em obra;
- Cal hidratada: sob a forma de hidróxido de cálcio ou hidróxido de cálcio e magnésio.

Além disso, segundo Dubaj (2000) e Carvalho Jr. (2005), as cales podem ser classificadas em função do teor de óxido de cálcio:

- Cálccicas: teor de óxido de cálcio superior a 90%, possuem elevado teor de CaCO_3 (carbonato de cálcio);
- Magnesianas: teor de óxido de cálcio entre 65% e 90%, possuem CaCO_3 (carbonato de cálcio) e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (carbonato de magnésio) em menor teor;
- Dolomíticas: teor de óxido de cálcio inferior a 65%, possuem CaCO_3 (carbonato de cálcio) e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (carbonato de magnésio).

As equações das reações químicas que descrevem o ciclo da cal, desde matéria-prima (CaCO_3) até a consolidação (endurecimento) da cal utilizada nas argamassas (voltando à forma primitiva - CaCO_3) são apresentadas a seguir (CARVALHO JR., 2005).

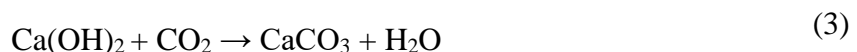
Calcinação:



Hidratação:



Carbonatação:



Temos ainda que, a norma brasileira que regulamenta parâmetros referente à cal hidratada é a NBR 7175 – Cal hidratada para argamassas: Requisitos (ABNT, 2003). Esta

norma especifica três tipos de cales, e suas respectivas exigências para propriedades físicas e químicas, apresentadas nos Quadro 6 e Quadro 7, respectivamente.

Quadro 6 - Exigências para as propriedades físicas das cales.

Compostos		Limites		
		CH-I	CH-II	CH-III
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,600 mm	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %
	Peneira 0,075 mm	≤ 10 %	≤ 15%	≤ 15 %
Retenção de água		≥ 75 %	≥ 75%	≥ 70 %
Incorporação de areia		≥ 3,0	≥ 2,5	≥ 2,2
Estabilidade		Ausência de cavidades ou protuberâncias		
Plasticidade		≥ 110	≥ 110	≥ 110

Fonte: NBR 7175 (ABNT, 2003).

Quadro 7 - Exigências para propriedades químicas das cales.

Compostos		Limites		
		CH-I	CH-II	CH-III
Anidrido carbônico (CO ₂)	Na fábrica	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 13 %
	No depósito	≤ 7 %	≤ 7 %	≤ 15 %
Óxidos de cálcio e magnésio não hidratado calculado (CaO+MgO) ¹⁾		≤ 10 %	≤ 15 %	≤ 15 %
Óxidos totais na base de não-voláteis (CaO ₁ + MgO ₁) ²⁾		≥ 90 %	≥ 88 %	≥ 88 %

Fonte: NBR 7175 (ABNT, 2003).

Diante das características das cales, pode-se afirmar, segundo Carasek (1996 *apud* DUBAJ, 2000) que a utilização desse aglomerante traz algumas vantagens, pois possui, devido à sua finura, importantes propriedades plastificantes e de retenção de água. Onde, as propriedades plastificantes permitem que a argamassa preencha facilmente toda a superfície da base, aumentando a extensão de aderência. E a retenção de água evita a retração, pois cede água para a alvenaria gradativamente, diminuindo as fissuras.

Além disso, no Quadro 8, apresenta-se a influência do aumento do teor de cal nas propriedades da argamassa. Onde, de modo geral, o emprego das argamassas mistas de cimento e cal em revestimentos é bastante conveniente, uma vez que se procura conciliar as vantagens de ambos os materiais, por meio de uma dosagem apropriada. Assim, a aderência e o endurecimento inicial são promovidos principalmente pelo cimento. A trabalhabilidade,

retenção de água, plasticidade, e a extensão de aderência, entre outros, são incrementadas pelo uso da cal (BAUER, 2005).

Quadro 8 - Variação das propriedades da argamassa com a alteração da composição relativa de cimento e cal.

Propriedade	Aumento na proporção de cal no aglomerante	
Resistência à compressão	Decresce	
Resistência à tração	Decresce	
Capacidade de aderência	Decresce	Propriedades Melhoradas com maior teor relativo de cimento
Durabilidade	Decresce	
Impermeabilidade	Decresce	
Resistência a altas temperaturas	Decresce	
Resistências iniciais	Decresce	
Retração na secagem inicial	Cresce	
Retenção de água	Cresce	
Plasticidade	Cresce	
Trabalhabilidade	Cresce	
Resiliência	Cresce	
Módulo de elasticidade	Decresce	
Retração na secagem reversível	Decresce	
Custo	Decresce	

Fonte: Sabbatini (1986 *apud* DUBAJ 2000).

2.2.2.2 Agregado Miúdo

No Brasil não existe uma norma específica para a caracterização de agregados miúdos para argamassas, por isso, a norma utilizada como base é a NBR 7211 - Agregados para concreto – Especificação (ABNT, 2009). Esta norma determina que agregado miúdo, são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm.

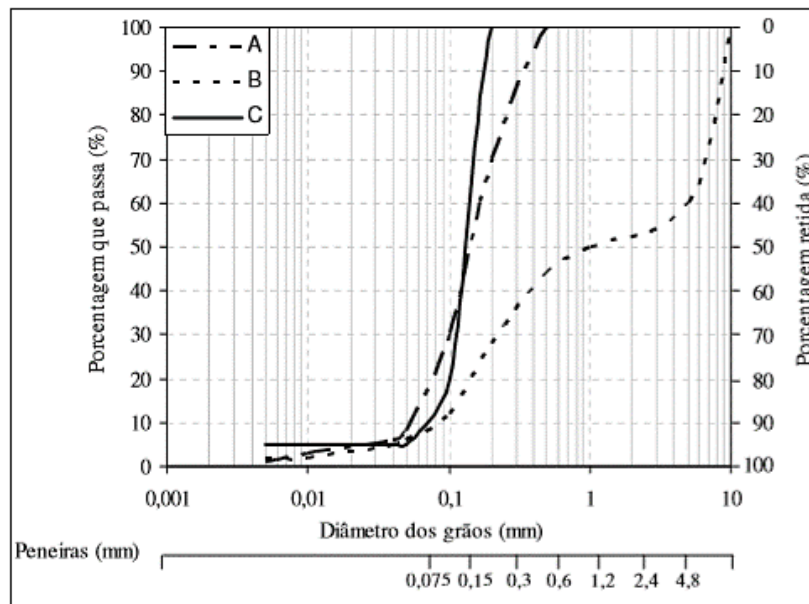
Podem ser de origem natural ou artificial, onde, de acordo com Albuquerque (1987), os agregados miúdos podem ser originários: de rios (depósitos sedimentares que se formam no leito de alguns rios); de cavas (depósitos aluvionares em fundos de vales); da britagem (areia de brita, obtida no processo de classificação a seco nas pedreiras); de escória e de praias e dunas (em geral, não são utilizadas para este fim devido a sua grande finura e teor de cloreto de sódio).

Autores como Carneiro (1999) e Angelim, Angelim e Carasek (2003), acrescentam que o agregado miúdo é a fração inerte que compõe a argamassa e, mesmo que não participe das reações químicas de endurecimento, sua contribuição, interfere no estado fresco, como também no estado endurecido da argamassa. Dessa forma, a composição granulométrica, assim

como o módulo de finura e a dimensão máxima característica do agregado miúdo, influenciam diretamente em propriedades como a trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica, capacidade de deformação e na permeabilidade.

A distribuição das dimensões das partículas do agregado é representada, graficamente, pela curva granulométrica (Figura 8). Segundo a forma da curva podemos distinguir os diferentes tipos de granulometrias. Dessa forma, temos uma granulometria contínua (curva A) ou descontínua (curva B); uniforme (curva C); e bem graduada (curva A) (BAUER, 2005).

Figura 8 - Tipos de curvas granulométricas.



Fonte: Bauer (2005).

A ABCP (2019) acrescenta ainda que a granulometria do agregado tem influência nas proporções de aglomerantes e água da mistura. Desta forma, quando a curva não é contínua, têm-se uma maior consumo de água de amassamento, que proporciona a redução da resistência mecânica e causa maior retração na argamassa.

Além da granulometria, deve-se considerar agregados com uma dimensão máxima característica adequada aos tipos de revestimento no qual será utilizado (TRISTÃO, 1995). O Quadro 9 apresenta as respectivas dimensões para cada camada do revestimento.

Quadro 9 - Dimensão máxima característica do agregado para cada camada do revestimento.

Camada do revestimento	Peneiras ABNT (mm)
Chapisco	4,80
Emboço	2,40
Camada única	1,20
Reboco	1,20

Fonte: Bauer (2005).

Conforme Dubaj (2000) afirma, as principais funções da areia nas argamassas são: a redução do consumo de aglomerante, pois proporciona o preenchimento dos vazios; a resistência a esforços de compressão, podendo aumentá-la de 4 MPa até 30 Mpa; e a diminuição da retração da argamassa.

Entretanto, é importante ressaltar que o aumento do teor de areia reduz a resistência de aderência, porém aumenta a durabilidade de aderência, devido à diminuição da retração. Assim, quanto maior o módulo de finura das areias, maior a resistência de aderência obtida, desde que proporcionem argamassas trabalháveis (CARASEK, 1996 *apud* DUBAJ, 2000). Diante das considerações desses e de outros autores, apresenta-se no Quadro 10 um resumo da influência dos parâmetros granulométricos das areias nas principais propriedades das argamassas.

Quadro 10 - Influência dos parâmetros granulométricos das areias nas principais propriedades das argamassas.

Propriedades	Características da areia		
	Quanto menor o módulo de finura	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável *	Melhor
Resiliência	Variável *	Pior	Pior
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	Variável *
Porosidade	Variável *	Aumenta	Variável *
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistências	Variável *	Pior	Variável *
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável *

Fonte: Sabbatini (1986 *apud* Dubaj 2000).

2.2.2.3 Água de Amassamento

A água é um elemento fundamental na produção das argamassas, pois ela reage com os aglomerantes hidráulicos, promovendo a sua hidratação e estimulando as suas propriedades

aglutinantes, além de contribuir na consistência e trabalhabilidade necessária a sua aplicação. Dessa forma, para que água não interfira no comportamento da argamassa, esta deverá ser limpa e isenta de impurezas (CAVACO; VEIGA; GOMES, 2005). O *American Concrete Institute* (2002 *apud* CARVALHO JR., 2005) destaca que quase toda água potável e que não apresente gosto ou odor é satisfatória para ser utilizada na execução do concreto.

Além disso, os autores Carasek, Cascudo e Scartzini (2001) ressaltam que a água é responsável por levar a pasta de cimento hidratada para os poros e cavidades do substrato, favorecendo a aderência entre os mesmos e influenciando diretamente nos resultados da argamassa no estado endurecido.

Sendo assim, embora a relação água/cimento em argamassas não seja um fator tão importante quanto é para os concretos, deve-se tomar os devidos cuidados para que este parâmetro não seja negligenciado, sendo deixado à cargo do operário que realiza a mistura da argamassa (GASPERIN, 2011).

2.2.2.4 Aditivos e Adições

A NBR 13529 (ABNT, 2013), define aditivo como sendo “produto adicionado à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido”.

Coutinho (1997) afirma que o aditivo pode ser definido como a substância utilizada em porcentagem inferior a 5% da massa do cimento, adicionada durante a mistura aos componentes normais das argamassas. Dentre os benefícios e funções trazidos pela sua utilização está a adequação ao uso e redução de custo (PRUDENCIO JR., 2007).

Entre os muitos aditivos e suas diversas finalidades disponíveis no mercado, com relação as argamassas de revestimentos, os aditivos mais utilizados apresentam, resumidamente, as funções descritas no Quadro 11

Com relação às adições, como define a NBR 13529 (ABNT, 2013), “são materiais inorgânicos naturais ou industriais adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades”.

Quadro 11 - Tipos de aditivos e suas principais funções.

Redutores de água (plastificante)	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à 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 da aderência	Proporcionam a 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: ABCP (2019).

Gasperin (2011) destaca que as adições podem ou não possuir atividade química. Aquelas que não possuem atividade química são conhecidas como fílers e sua ação é puramente física, preenchendo os vazios entre os grãos de cimento e agregado densificando, com isso, a mistura. Já as adições que possuem atividade química, estas podem ser divididas em duas categorias: material pozolânico e material cimentante.

As adições mais comentadas empregadas nas argamassas são as pozolanas, que são materiais provenientes de rochas vulcânicas, resíduos de termoelétricas e outros que apresentem atividade pozolânica; o pó calcário, também conhecido como filler, um material finamente dividido constituído essencialmente de calcário ou dolomitos; e os pigmentos, que apenas conferem à argamassa coloração, e podem ser de dois tipos: orgânicos e inorgânicos (CARVALHO JR., 2005). Além disso, pode-se citar alguns exemplos de adições menos utilizadas, porém sua aplicação em argamassas já foram motivo de estudo: a sílica ativa, o metacaulim, a cinza de casca de arroz e alguns tipos de escória.

2.2.3 Principais Propriedades

Com o intuito de garantir bom desempenho, ou seja, garantir durabilidade e promover as funções a ela atribuídas em projeto, quando componente do sistema de revestimento, as argamassas de revestimento, assim como as argamassas de chapisco precisam apresentar algumas propriedades específicas, que são relativas à argamassa no estado fresco e endurecido.

Sabbatini, Maciel e Barros (1998) afirmam que o entendimento dessas propriedades e dos fatores que influenciam a obtenção de cada uma, permite prever o comportamento do

revestimento nas suas diferentes situações de uso. Dessa forma, no Quadro 12 se encontram as principais propriedades das argamassas, de acordo com suas funções.

Quadro 12 - Principais propriedades das argamassas de chapisco e emboço/camada única.

Tipo da argamassa	Função	Principais requisitos/ propriedades
Chapisco	Garantir aderência entre a base e o revestimento de argamassa	Aderência
	Contribuir com a estanqueidade da vedação	
Emboço e camada única	Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo	Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial)
	Integrar o sistema de vedação dos edifícios contribuindo com diversas funções (estanqueidade, etc.)	Baixa retração
		Aderência
	Regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos	Baixa permeabilidade à água
		Capacidade de absorver deformações
Resistência mecânica		

Fonte: Adaptado de Carasek (2010).

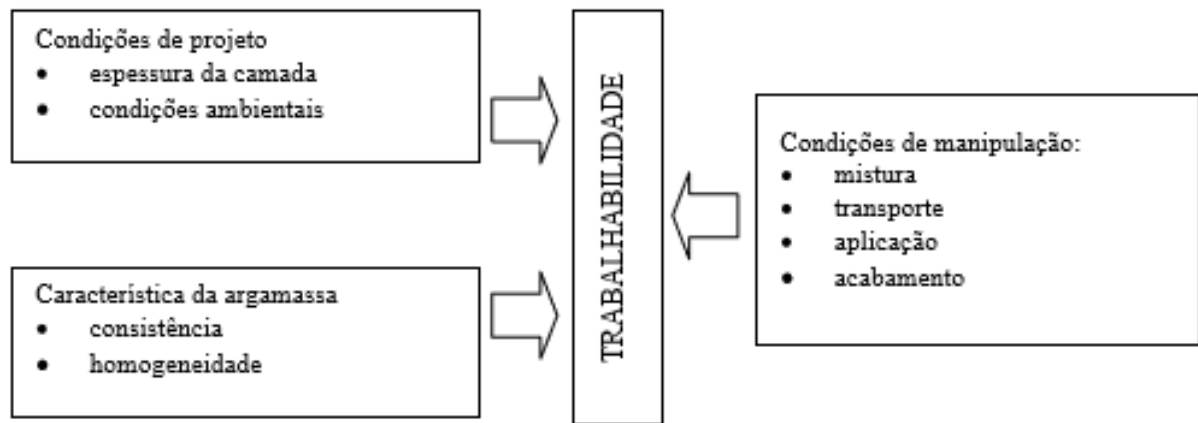
2.2.3.1 Estado Fresco

a) Trabalhabilidade

De acordo com Carasek (2010), a trabalhabilidade é a principal propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, homoganeamente. A autora acrescenta ainda que ela é resultante do conjunto de outras propriedades, dentre elas destaca-se: consistência, plasticidade e coesão, adesão inicial e retenção de água.

Assim, devido ao fato de a trabalhabilidade ser resultante de outras ações passíveis de avaliações e não de medições, pode-se concluir que essa propriedade possui um conceito subjetivo, variando significativamente o resultado da avaliação de um operário para outro. Além disso, há também a influência dos métodos de aplicação adotados, e da natureza ou condição da obra ou serviço. O fator físico que proporciona maior interferência na trabalhabilidade das argamassas é a consistência que, por sua vez, é influenciada pela plasticidade da mistura e pela coesão das partículas componentes. Esses fatores influentes estão resumidos na Figura 9, para melhor compreensão (GOMES, 2008).

Figura 9 - Principais fatores influentes na trabalhabilidade.



Fonte: Gomes (2008).

b) Consistência

De acordo com Araújo (2001), a consistência de uma argamassa pode ser definida como a capacidade da mesma de resistir a deformações quando submetida a ações de cargas externas, no estado fresco. Em outra abordagem, Rago (1999 *apud* ARAÚJO, 2001) considera que a consistência é, na verdade, a fluidez da argamassa, que é função do teor de água de amassamento, da granulometria dos materiais e do teor de ar incorporado.

Segundo Carasek (2010), com relação a sua consistência, as argamassas podem ser classificadas em secas, plásticas ou fluídas. As características de cada uma dessas se encontram resumidas abaixo:

- Argamassa seca: a pasta aglomerante só preenche os vazios entre os agregados, permitindo ainda o seu contato, e proporcionando o atrito entre as partículas, o que forma uma massa áspera;
- Argamassa plástica: uma fina camada de pasta aglomerante cobre os grãos de agregados, fornecendo-lhes uma boa adesão com uma estrutura pseudo-sólida;
- Argamassa fluída: as partículas dos agregados se encontram imersas na pasta aglomerante, sem coesão e com tendência de segregação, assim, os grãos de areia não proporcionam a resistência ao deslizamento. A argamassa é muito líquida e não permite uma aplicação adequada.

c) Plasticidade

Do Ó (2004 *apud* GASPERIN, 2011) define a plasticidade como sendo a propriedade que uma argamassa possui de manter a deformação, causada pela ação de forças externas,

mesmo depois da retirada dessas cargas, sem ocorrência de ruptura. Pode-se acrescentar ainda que a plasticidade pode ser considerada como a propriedade inversamente proporcional à resistência interna, que se opõe à deformação, e depende de três características: coesão, ângulo de atrito interno e viscosidade (SOBRAL, 1994).

Gomes (2008) destaca que a plasticidade e a coesão na argamassa fresca estão intimamente ligadas, sendo influenciadas principalmente pelo teor de ar incorporado, pela natureza e teor de aglomerantes, pelas adições, pela eficiência da mistura e também pela quantidade de água.

d) Retenção de Água

Essa propriedade pode ser definida como sendo a capacidade da argamassa reter a água de amassamento, contra a sucção da base ou contra a evaporação. Dessa forma, a retenção permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativas, promovendo a adequada hidratação do cimento e conseqüente ganho de resistência (SABBATINI; MACIEL; BARROS, 1998).

Recena (2012) ressalta que, essa capacidade das argamassas em reter água é também de muita importância na garantia da aderência do sistema de revestimento, evitando o seu deslocamento e garantindo a homogeneidade das alvenarias pela manutenção da união dos vários elementos que a compõem.

Dessa forma, ainda segundo Sabbatini, Maciel e Barros (1998), caso a argamassa não possua uma retenção adequada, então a rápida perda de água pode comprometer a aderência, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica e, com isso, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento e da vedação ficam comprometidas.

Podemos então considerar que existem alguns fatores intervinentes nessa propriedade tão importante, que é a retenção de água, dentre eles, os principais segundo Détriché e Maso (1986 *apud* ALVES, 2002) são:

- as condições climáticas para cura, as quais regulam o equilíbrio higrotérmico (quanto maior a temperatura e menor a umidade do ambiente, menor a retenção de água);
- a natureza física da mistura (proporção de aglomerante e teor de finos da mistura);
- natureza química da mistura (em especial dos aglomerantes, em especial o uso de cal, que aumenta a retenção de água da argamassa);
- a espessura da camada (quanto mais espessa, maior a retenção de água).

e) Massa específica e teor de ar incorporado

A massa específica pode ser definida como a relação entre a massa da argamassa e o seu volume, podendo ainda ser dividida em absoluta ou relativa. Na determinação da massa específica absoluta, não são considerados os vazios existentes no volume de argamassa. Já na massa específica relativa, consideram-se os vazios. Essa propriedade é indispensável na dosagem das argamassas, na conversão do traço em massa para traço em volume (SABBATINI; MACIEL; BARROS, 1998). Podemos ainda classificar as argamassas de acordo com as suas respectivas massas específicas, como mostra o Quadro 13.

Quadro 13 - Classificação das argamassa quanto à massa específica.

Argamassa	Densidade de massa A (g/cm³)	Principais agregados empregados	Usos/Observações
Leve	< 1,40	Vermiculita, perlita, argila expandida	Isolamento térmico e acústico
Normal	$2,30 \leq A \leq 1,40$	Areia de rio (quartzo) e calcário britado	Aplicações convencionais
Pesada	> 2,30	Barita (sulfato e bário)	Blindagem de radiação

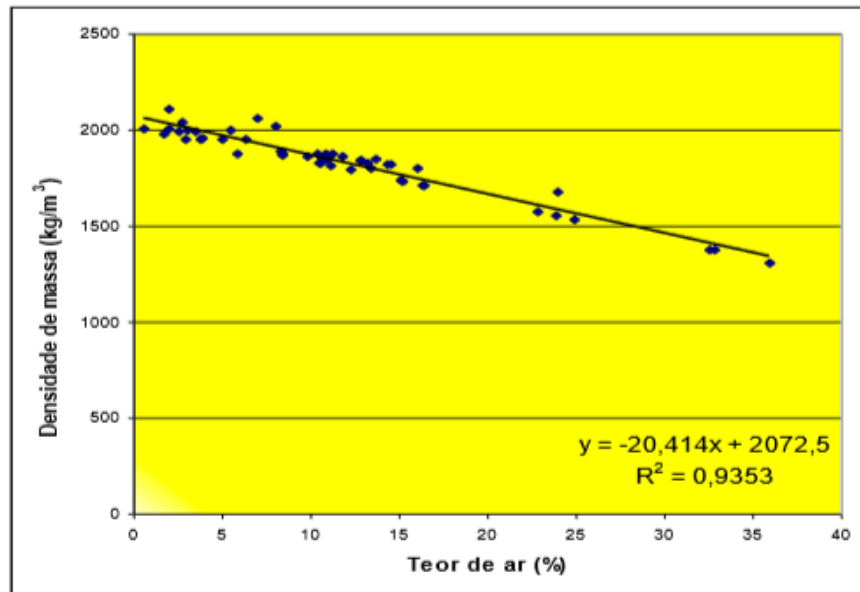
Fonte: Carasek (2010).

Com relação ao teor de ar incorporado nas argamassas, pode-se dizer que este refere-se às bolhas de ar que são incorporadas à mistura, diferenciando-se daquelas que são decorrentes da mesma ou da evaporação da água, que se consistem como o ar aprisionado (MOURA, 2007).

Esta incorporação de ar pode ser obtida através da inserção de aditivos incorporadores de ar. Entretanto, de acordo com Sabbatini, Maciel e Barros (1998), o uso desses aditivos deve ser muito criterioso, pois pode interferir negativamente nas demais propriedades da argamassa, como por exemplo a resistência mecânica e a aderência da argamassa.

Diante das definições acima, pode-se afirmar que a massa específica, também chamada de densidade de massa, varia com o teor de ar (principalmente quando incorporado por meio de aditivos) e com a massa específica dos materiais constituintes da argamassa, prioritariamente do agregado Carasek (2010). Essa relação entre a densidade de massa e o teor de ar incorporado é mostrado na Figura 10, onde pode-se observar que à medida que cresce o teor de ar, a densidade de massa da argamassa diminui.

Figura 10 - Relação entre a densidade de massa e o teor de ar das argamassas.



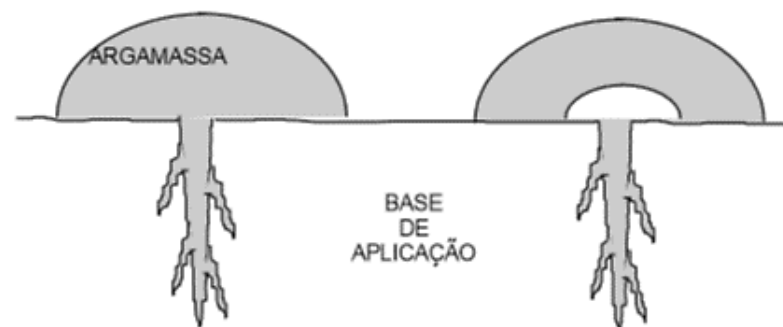
Fonte: Carasek (2010).

f) Adesão inicial

Ao se lançar uma argamassa fresca sobre uma alvenaria, na qual se quer revestir, ela deve ficar bem aderida à base, sem se desprender. À essa característica, dá-se o nome de adesão inicial, e quando a argamassa estiver endurecida, irá influenciar no desempenho da ligação entre a base e o revestimento (GOMES, 2008).

Sabbatini, Maciel e Barros (1998) acrescenta que essa adesão inicial é relacionada ao fenômeno mecânico, que ocorre por meio da ancoragem da argamassa em superfícies porosas, através da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguido do endurecimento progressivo da argamassa. Dessa, forma para se obter uma adequada adesão inicial, a pasta tem que possuir uma trabalhabilidade e retenção de água adequadas à sucção da base e à evaporação. Caso isso não ocorra, pode haver a perda de aderência devido à rápida entrada da pasta nos poros da base, causando a descontinuidade da camada de argamassa sobre a base, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Perda de aderência por descontinuidade da argamassa.



Fonte: Sabbatini, Maciel e Barros (1998)

2.2.3.2 Estado Endurecido

a) Resistência Mecânica

A resistência mecânica pode ser definida como a capacidade dos revestimentos de suportar ações mecânicas das mais diversas origens: devido à abrasão superficial, cargas de impacto e movimentações higroscópicas, que relacionam, em geral, com tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento (SELMO, 1989 *apud* ALVES, 2002).

Dessa forma, após entrar no estado endurecido, toda argamassa será submetida a esforço mecânico, e pode-se afirmar que a sua consequente resistência mecânica irá depender, principalmente, do tipo de aglomerante empregado (PRUDÊNCIO JR., 2007).

Tristão (1995) considera que embora não seja uma propriedade determinante como é no concreto, a resistência mecânica das argamassas de revestimento é importante devido à sua relação com outras propriedades, tais como a elasticidade, a capacidade de absorção e a permeabilidade (ligada a porosidade).

O autor ainda destaca que a argamassa deve ter resistência para suportar as movimentações da base, devidas por exemplo, aos recalques, variação dimensional por ciclos de umedecimento e secagem ou pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Podendo estas solicitações provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base, que deverão ser combatidas pela resistência mecânica das argamassas.

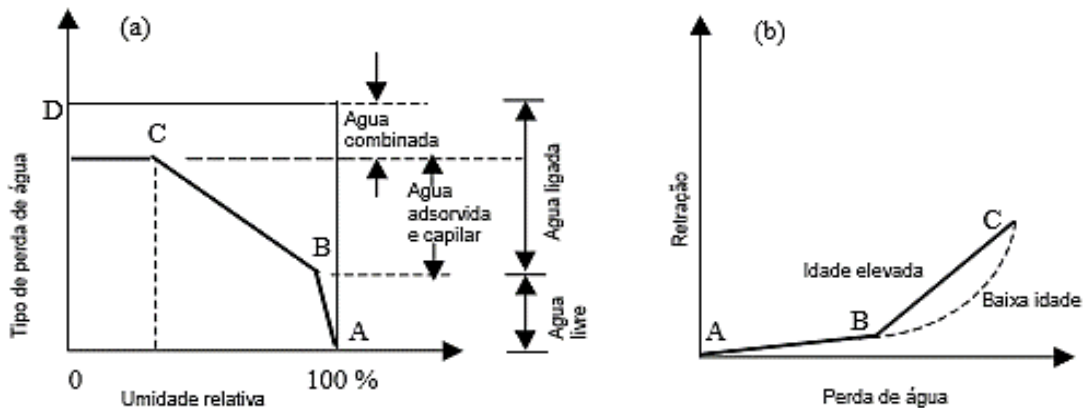
b) Retração

De acordo com Carasek (2010), a retração resulta de um mecanismo complexo, relacionado com a variação de volume da pasta aglomerante, sendo fundamental no desempenho das argamassas, principalmente quanto à sua estanqueidade e durabilidade. Dessa forma, se a pasta possui alta relação água/aglomerante, a mesma retrai ao perder a água em excesso. Pode-se afirmar que essa retração é devida principalmente à secagem, iniciando-se no estado fresco e prosseguindo após o endurecimento do material (ROSELLO, 1976 *apud* CARASEK, 2010).

A argamassa ao ser aplicada, imediatamente começa a perder água por evaporação, de forma acentuada, porém inicialmente a retração não se dá na mesma proporção. Isso ocorre porque a água livre retida entre as partículas sai, mas como ainda não está fixa aos produtos hidratados, as partículas sólidas se acomodam de uma nova forma. Porém, outros fatores combinados, como aeração e temperatura, fazem com que a retração plástica seja acentuada,

causando fissuras na massa ainda no estado semi-sólido. Já no estado sólido, a perda de água livre por evaporação, provoca uma retração inicial pequena, como pode ser visto no trecho “A – B” da Figura 12. Mas com a perda da água livre e começo da saída da água adsorvida e da retida nos pequenos capilares, a retração passa a ser acentuada, como está representado no trecho “B – C” (GOMES, 2008).

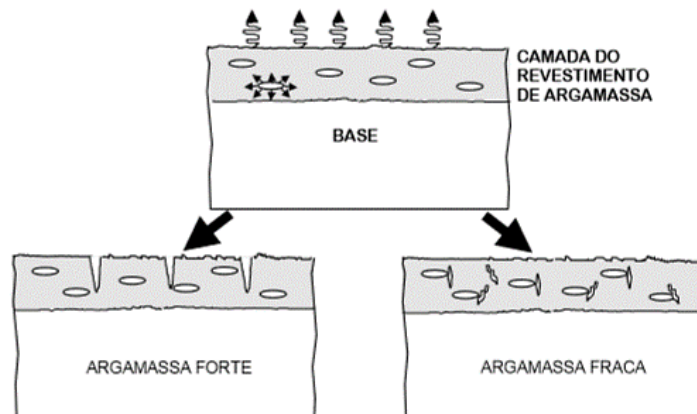
Figura 12 - (a) Perda de água em função da umidade relativa (b) Retração em função da perda de água.



Fonte: Gomes (2008).

Diante do exposto, podemos destacar alguns fatores que influenciam nessa propriedade, que são, segundo Sabbatini, Maciel e Barros (1998): as características e o proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa, a espessura e o intervalo de aplicação das camadas e o respeito ao tempo de sarrafeamento e desempenho. Além disso, os autores destacam que a retração pode causar a formação de fissuras no revestimento, onde, as argamassas com um alto teor de cimento, são mais sujeitas às tensões que causarão o aparecimento de fissuras prejudiciais durante a secagem, além das trincas e possíveis descolamentos da argamassa já no estado endurecido, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Fissuração por retração na secagem: argamassa forte x argamassa fraca.



Fonte: Sabbatini, Maciel e Barros (1998).

c) Capacidade de Absorver Deformações

A capacidade de deformação, também conhecida como elasticidade de uma argamassa, pode ser entendida como a capacidade que os corpos possuem de se deformar quando submetidos a um esforço, retornando às dimensões iniciais após cessada a ação, porém, sem entrar em ruptura (GOMES, 2008).

Essa propriedade pode ser medida através de seu módulo de deformação, onde este, de acordo com Bastos (2001) representa “a relação entre um determinado nível de tensão aplicado em um corpo e a deformação nele existente por conta desta tensão”, sendo de suma importância para as argamassas de revestimento, pois a sua combinação com a resistência à tração é responsável pelo aparecimento ou não do fenômeno de fissuração das argamassas.

Diante disso, a capacidade de absorver deformações, segundo Sabbatini, Maciel e Barros (1998), depende principalmente dos seguintes fatores:

- Do módulo de deformação da argamassa: quanto menor for o módulo de deformação (menor teor de cimento), maior a capacidade de absorver deformações;
- Da espessura das camadas: espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade; entretanto, deve-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
- Das juntas de trabalho do revestimento: as juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;
- Da técnica de execução: a compressão após a aplicação da argamassa e, também, a compressão durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, vão contribuir para o não aparecimento de fissuras.

d) Aderência

Uma das propriedades mais importantes das argamassas é, sem dúvida nenhuma, sua capacidade de manter-se aderida ao substrato, seja no assentamento, com a finalidade de unir elementos em uma alvenaria, ou em revestimentos, diante de movimentações diferenciadas, choques térmicos, impactos e outras solicitações (RECENA, 2012).

De acordo com Paes (2004), a argamassa aplicada ao substrato sofre alterações desde o momento pós-aplicação, até o desenvolvimento da aderência. Assim, as variáveis que atuam em cada fase são distintas, e as interações que ocorrem na argamassa e no substrato são dinâmicas. Com relação a aderência nos sistemas de revestimento em argamassa, é possível diferenciar todo o processo de desenvolvimento dessa propriedade em três fases: adesão inicial, adesão e aderência.

As definições de adesão inicial e adesão são muito próximas uma da outra, pois se relacionam ao fenômeno da argamassa ficar aderida momentaneamente ao substrato e

posteriormente apresentar resistência de aderência no estado endurecido. Ambas estão ligadas à absorção de água da pasta pelo substrato e dependem do grau de porosidade, da rugosidade e do pré-tratamento do substrato. Por outro lado, essas duas propriedades se distinguem em questão temporal, onde a adesão inicial ocorre na fase de início da união da argamassa fresca ao substrato. Após isso, ocorre a adesão, no momento em que a argamassa lançada aguarda o ponto para seu sarrafeamento, pois essa operação exige que a mesma já tenha perdido muita água, indicando uma diminuição da plasticidade e mudanças nas características reológicas do sistema (Figura 14) (LEAL, 2003).

Figura 14 - Evolução das propriedades da argamassa de revestimento.



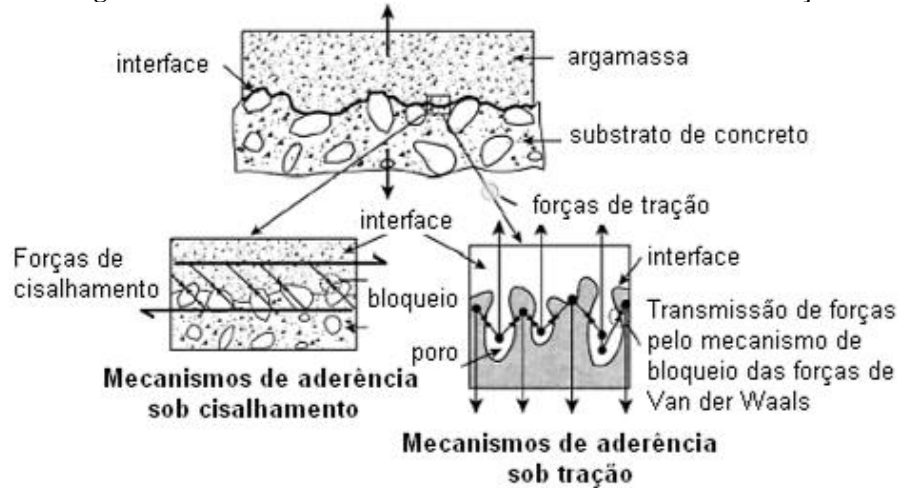
Fonte: Cortez (1999 *apud* Leal 2003).

Carasek (2010) afirma que “o termo aderência é usado para descrever a resistência e a extensão do contato entre a argamassa e uma base”. A autora ainda destaca que o sistema de aderência da argamassa no seu estado endurecido, ao substrato, é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, principalmente à penetração da pasta aglomerante ou de toda a argamassa nos poros e rugosidades da base de aplicação.

Com isso, os vazios superficiais, devido ao assentamento dos componentes da alvenaria e do próprio material, inclusive os poros, ao serem preenchidos pela massa fluida, favorecem a ligação entre o revestimento e o substrato. Por outro lado, podem ocorrer outras interações resultantes de fenômenos químicos ou físico-químicos, que favorecem a aderência (CARASEK 1996 *apud* GOMES 2008).

É importante salientar que, segundo Scartezini (2002), a aderência mecânica entre a argamassa e o substrato poroso resulta da união entre a resistência de aderência à tração, resistência de aderência ao cisalhamento (Figura 15) e a extensão de aderência, sendo estas, propriedades da região de contato entre os dois materiais.

Figura 15 - Mecanismos de aderência sob cisalhamento e sob tração.



Fonte: Pretto (2007),

- Extensão de aderência

De acordo com Gonçalves (2004), a extensão de aderência é a medida que corresponde à razão entre a área de contato efetiva e a área total possível de ser unida entre a argamassa e uma base porosa. A mesma diminui à medida que aumenta a ocorrência de falhas de contato na interface argamassa-substrato.

Assim, pode-se afirmar que a extensão de aderência é dependente da rugosidade do substrato, onde, à medida que se aumenta a rugosidade, se torna mais difícil a obtenção de uma boa extensão de aderência, diminuindo o contato revestimento-substrato, principalmente em argamassas com menores níveis de trabalhabilidade e plasticidade. Quanto maior for o contato da argamassa com o substrato rugoso (extensão de aderência), melhor será a ancoragem, e, consequentemente, uma boa resistência de aderência (ANDEREGG 1942 *apud* LEAL 2003).

- Resistência de aderência ao cisalhamento

É devida aos esforços verticais e tangenciais ao revestimento, gerados com a atuação da gravidade no revestimento aderido ao substrato (LOPES E NETTO, 2014).

De acordo com Carasek (1996 *apud* LEAL 2003), substratos que possuem superfícies irregulares, com maior rugosidade, na prática, podem auxiliar na resistência ao cisalhamento devido ao peso próprio, servindo de ponto de apoio e permitindo uma maior área de contato entre argamassa e substrato.

- Resistência de aderência à tração

É devida aos esforços normais gerados na utilização de um sistema de revestimento (LOPES e NETTO, 2014). Essa propriedade será melhor discutida no item 2.3, onde será contemplado os fatores influentes e como se dá a realização do ensaio determinante.

2.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO

Assim como afirma Bauer (2005), a aderência é um requisito básico para um revestimento, por isso, existem alguns métodos que se propõem a mensurá-la. No Brasil, o ensaio mais utilizado para se mensurar o desempenho mecânico do revestimento em argamassa, é o de resistência de aderência à tração.

Segundo o autor, a resistência de aderência representa a máxima tensão que um revestimento suporta quando submetido a um esforço normal de tração. A mesma pode ser medida por diversos tipos de aparelhos, mesmo com diferenças no tipo de mensuração, o princípio de gerar a carga de ruptura é o mesmo: consiste na imposição de um esforço de tração perpendicular ao revestimento a ser ensaiado.

Dessa forma, embora a resistência de aderência também possa ser avaliada quanto ao cisalhamento, as normas nacionais preconizam o ensaio de resistência à tração como principal forma de avaliação da aderência da argamassa à superfície. Com isso, o mais prático e mais utilizado, no qual a resistência de aderência à tração pode ser medida diretamente no sistema de revestimento da edificação, é o ensaio prescrito pela NBR 13528 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração (ABNT, 2013).

Além disso, tem-se a NBR 13749 (ABNT, 2013), que determina as especificações necessárias aos revestimentos, incluindo os limites mínimos da resistência de aderência à tração, de acordo com os locais que serão aplicadas as argamassas de revestimentos, que podem ser paredes externas ou internas, e também com o tipo de acabamento (Quadro 14).

Quadro 14 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única.

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: Adaptado da NBR 13749 (ABNT, 2013).

2.3.1 Mecanismos da Ligação

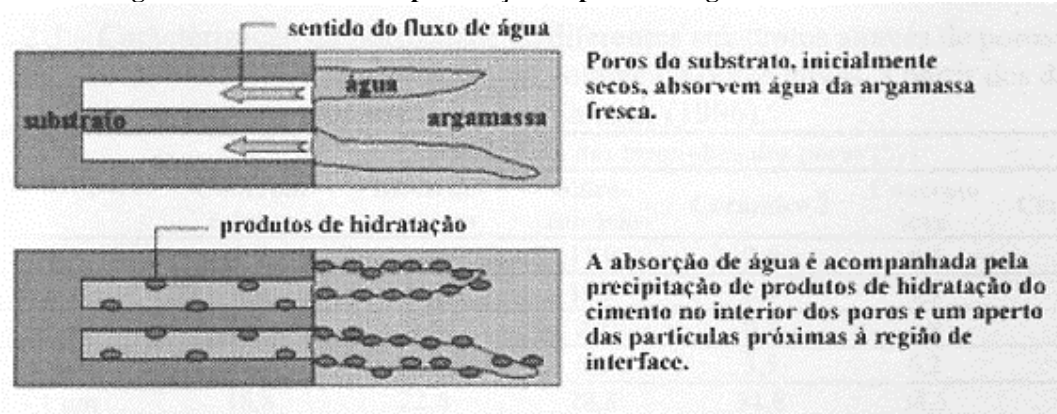
Considera-se que a aderência é devida principalmente à fenômenos mecânicos, e em menor parte à fenômenos químicos ou físico-químicos. As forças físicas, como as ligações de *Van der Waals*, são, segundo Bastos (2001), uma atração física entre partes sólidas muito próximas, ou seja, com a secagem da argamassa, após ser aplicada no substrato, esta força torna-se mais forte.

Porém, apesar de serem primordiais, geram ligações fracas. O que indica que o travamento com a rugosidade tem um papel importante na aderência. Onde, pesquisas realizadas com substratos pouco porosos, resultaram em baixos valores de resistência de aderência, por não proporcionarem o devido travamento mecânico (GALLEGOS, 1995 *apud* PRETTO, 2007).

De acordo com Carasek (2010), esse fenômeno mecânico inicia-se quando a argamassa ainda no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato e parte da água de amassamento, que contém os componentes do aglomerante, penetra nos poros e cavidades do substrato (Figura 16). Assim, dentro dos poros ocorrem a precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e após algum tempo esses precipitados intracapilares realizam a ancoragem da argamassa.

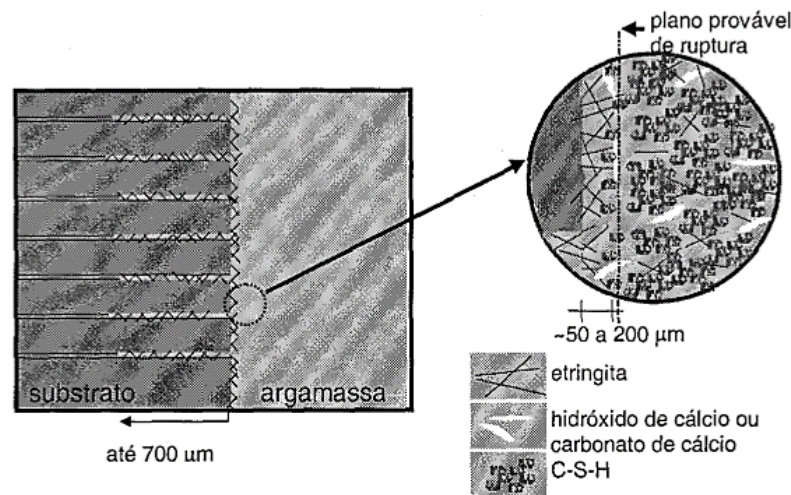
A autora confirmou em outros estudos microestruturais, que a aderência decorre principalmente do intertravamento da etringita, que é um dos produtos de hidratação do cimento. Segundo ela, ao se misturar o cimento Portland com água, a gipsita dissolve-se e libera íons sulfato e cálcio, que por sua vez, são os primeiros a entrar em solução, seguidos dos íons aluminato e cálcio, originários da dissolução do C_3A (aluminato de cálcio) do cimento. Assim, devido a sucção da base porosa, esses íons são levados para regiões internas dos poros do substrato, formando então a etringita (trissulfoaluminato de cálcio hidratado). E devido à dissolução mais rápida dos íons SO_4^{2-} , AlO_4^- , Ca^{2+} e da precipitação da etringita esse produto preenche prioritariamente os poros capilares, por isso a sua maior abundância na zona de contato argamassa/substrato (Figura 17).

Figura 16 - Mecanismo de penetração da pasta da argamassa no substrato.



Fonte: Carasek (1996 *apud* Leal 2003).

Figura 17 - Representação esquemática da atuação da etringita na aderência entre substrato e argamassa.



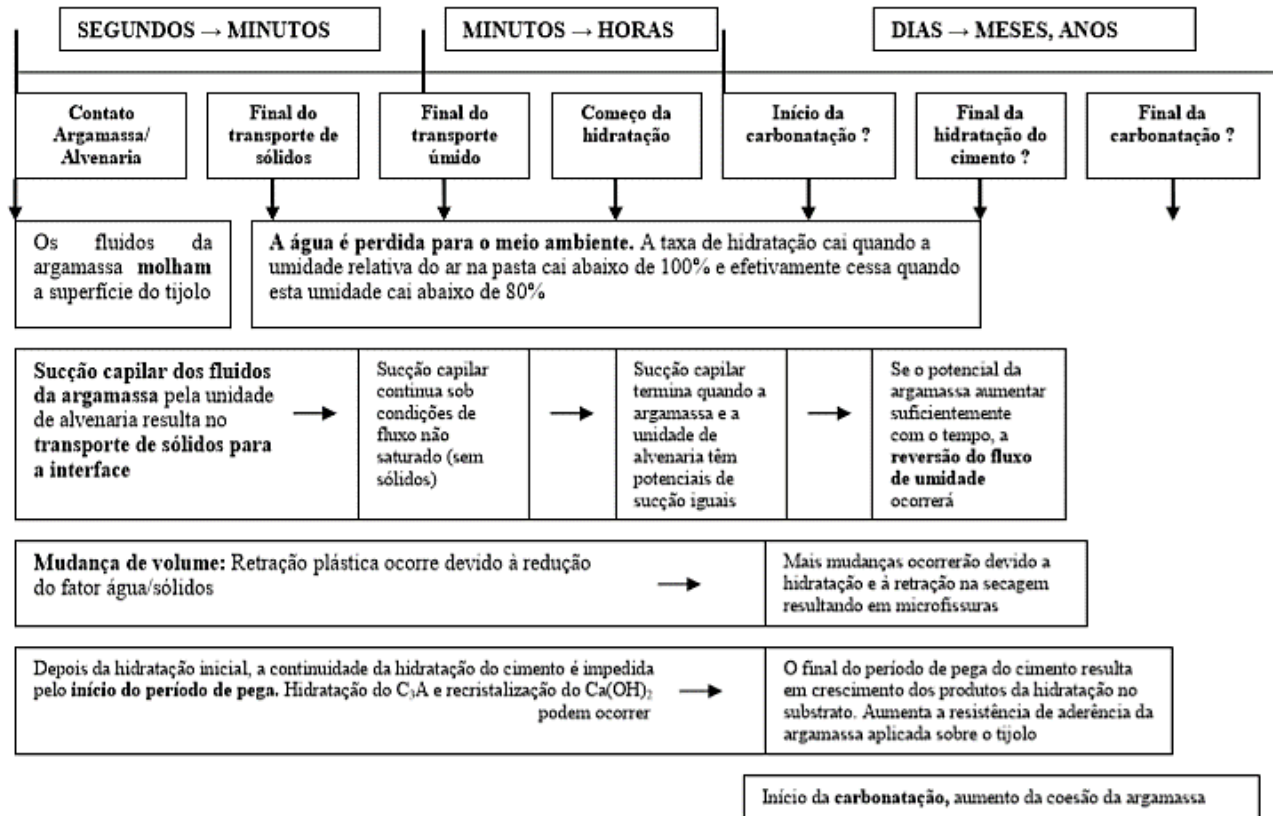
Fonte: Carasek, Cascudo e Scartezini (2001)

Deste modo, pode-se inferir que as propriedades microestruturais do substrato, como porosidade (diâmetro, estrutura, distribuição dos poros) e capacidade de absorção de água, segundo Paes, Bauer e Carasek (2005) influem diretamente na formação da aderência através da microancoragem. Por outro lado, além desses mecanismos de microancoragem, existe também a influência da macroancoragem no desenvolvimento da aderência, promovida principalmente pela rugosidade superficial do substrato.

De acordo com Pretto (2007), em nível macroscópico, as irregularidades presentes na superfície do substrato, naturais ou formadas pelo seu pré-tratamento, melhoram a relação para resistir os esforços de tração e cisalhamento, propiciando então um aumento na resistência de aderência do sistema de revestimento. Porém, deve-se ter cuidado com o aumento dessa rugosidade, pois como já foi dito, à medida em que a aumentamos, é mais difícil de se obter uma boa extensão de aderência.

O fluxograma abaixo (Figura 18) apresenta de forma sucinta os diferentes processos que ocorrem durante o desenvolvimento do sistema de aderência mecânica de uma argamassa ao substrato.

Figura 18 - Processos ocorridos durante o desenvolvimento dos sistemas de aderência mecânica.



Fonte: Sugo *et al.* (2001 *apud* CARVALHO JR., 2005).

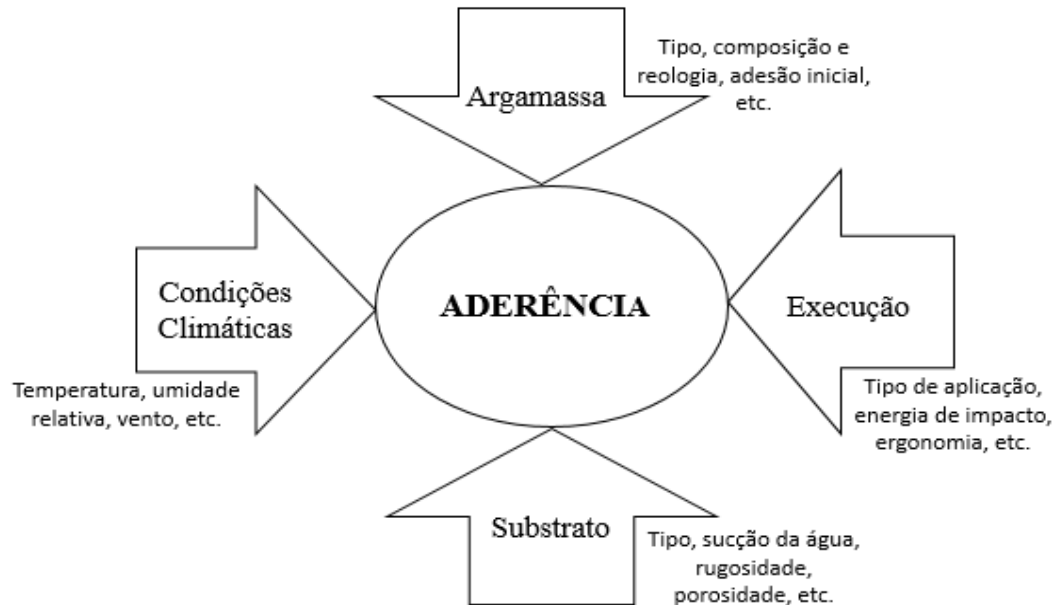
A partir da descrição do processo de formação de aderência, apresentado na figura acima, Sugo *et al.* (2001 *apud* CARVALHO JR. 2005) concluíram que a sucção dos fluidos da argamassa, associada ao transporte de sólidos para a interface argamassa/unidade de alvenaria representam um importante papel no desenvolvimento da aderência.

2.3.2 Fatores Influentes

Pode-se afirmar que há uma complexidade de influenciadores na dinâmica da formação da aderência, sendo que para que esta ocorra, vários fatores podem intervir principalmente os materiais constituintes das argamassas e a sua trabalhabilidade, e as características do substrato e o seu respectivo tratamento superficial dado a este. Além disso,

as condições de exposição, como a temperatura, e a forma e energia de aplicação da argamassa, também podem ser bastante determinantes no desempenho da aderência (Figura 19).

Figura 19 - Fatores que exercem influência na aderência de argamassas.



Fonte: Adaptado de Carasek (2010).

- Composição da argamassa

Os materiais constituintes das argamassas, tanto a natureza como as proporções, exercem grande influência na aderência. Assim, variáveis como o tipo e teor do aglomerante, textura e forma dos agregados, quantidade de água, aditivos (retentores de água, incorporadores de ar, etc.) e adições são bem determinantes na reologia, e conseqüentemente na aderência dos revestimentos argamassados.

Dentre esses parâmetros, um dos mais significativos na resistência de aderência é a finura do cimento, ou seja, quanto mais fino for o mesmo, maior o valor da resistência de aderência. Com relação ao teor desse aglomerante, pode-se dizer que as argamassas com elevado teor de cimento, apresentam maior resistência de aderência, porém têm maior tendência de desenvolver fissuras. Já a cal, por possuir propriedades plastificantes e de retenção de água, preenchem facilmente toda a superfície da base, propiciando maior extensão de aderência, e possuindo menor tendência ao fissuramento. Além disso, alguns estudos indicam que o tipo de cal dolomítica possui aderência superior às outras, por possuírem maior teor de hidróxido de magnésio, e este por sua vez, tem relação direta com a resistência de aderência (CARASEK, 2010).

Em se tratando de agregados, de maneira resumida, têm-se que segundo Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), o aumento do teor da areia propicia a redução na resistência de

aderência, porém, a mesma garante a durabilidade da aderência, pela redução da retração. E como já foi citado acima, areias com distribuição granulométrica contínua, propiciam melhores resultados de aderência.

O teor de água é a principal ferramenta utilizada para o controle da reologia, no preparo das argamassas. Embora pareça um parâmetro simples, e não tão fundamental quanto no caso do concreto, a quantidade de água influencia toda a distribuição espacial dos sólidos na argamassa, afetando a sua porosidade, retração e por conseguinte, a sua aderência.

- Características do substrato

O substrato precisa absorver a suspensão com sólidos e íons para que a rede cristalina, que o unirá com a argamassa, seja formada. Assim, de acordo com Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), as principais propriedades e características dos substratos que influem na aderência são a matéria-prima, a rugosidade, a porosidade e a capacidade e absorção de água.

A porosidade é totalmente relacionada com a sucção de água, onde, segundo Carasek (1996 *apud* GROSSI, 2014) os poros que influenciam na aderência são aqueles de condutos abertos de dimensão capilar, pois tem a capacidade de succionar a água da pasta e criar um intertravamento adequado entre o substrato e a argamassa. A autora ainda destaca que, os poros da argamassa variam de 0,001 μm até aproximadamente 5 μm e, portanto, os poros do substrato com diâmetro superior a este valor são inoperantes pois não têm força capilar suficiente para vencer os poros da argamassa.

Com relação à rugosidade, como já foi comentado acima, essa propriedade propicia o travamento mecânico pela penetração da argamassa nas irregularidades do substrato. Alguns autores como Scartezini (2002) e Leal (2003) consideram que ao aumentar a rugosidade superficial do substrato, pode-se aumentar a força medida na interface.

O intertravamento mecânico e modificações de ângulo de contato são dois efeitos principais dessa propriedade. Onde, o primeiro está relacionado com a “ondulação” da superfície e o segundo influenciado pela micro-rugosidade (GARBACZ, 2006 *apud* GROSSI, 2014). Diante disso, o pré-tratamento do substrato, no sentido de se obter uma superfície mais rugosa e adequada para desenvolvimento da aderência, é um importante fator de influência.

Como exemplos de pré-tratamento, têm-se o pré-umedecimento e a aplicação do chapisco, que além de influenciarem na rugosidade, também influenciam na capacidade de sucção de água. De acordo com Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), a sucção por capilaridade de substratos com alta absorção de água, pode ser reduzida pelo pré-umedecimento, tendo-se então uma melhora na aderência.

Dessa forma, há várias pesquisas que tentam medir esses parâmetros relacionados ao substrato, que modelem seu comportamento em relação à aderência. Dentre esses, o mais estudado é a sucção da água, e o ensaio mais difundido para a sua avaliação é determinado pelo método de ensaio da ASTM C – 67 – *Initial Rate Absorption*, mais conhecido como IRA. Assim, por meio dele é avaliada a capacidade de absorção de água de uma face do bloco, seco em estufa a 100°C, imersa em uma profundidade de água de 3 a 5 mm, em um tempo de 1 minuto. Pode ser obtida pela seguinte equação (BAUER, 2005):

$$IRA = \frac{mu - ms}{A} \times 200 \quad (4)$$

Onde: IRA = taxa inicial de absorção de água livre (g/200 cm²/min)

mu = massa úmida (g)

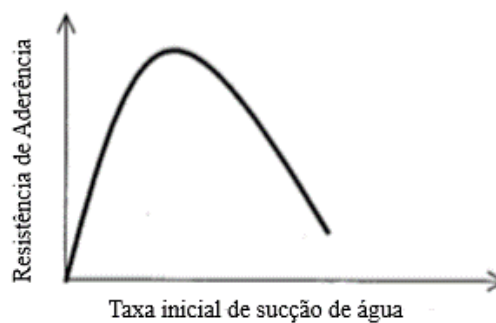
ms = massa seca (g)

A = área do bloco em contato com a lâmina de água (cm²)

Segundo Groot e Larbi (1999 *apud* BAUER, 2005), a relação entre o IRA e a resistência de aderência é devida ao fato do valor do IRA representar a água que o bloco absorve da argamassa, sendo um indicador da aderência. Porém, há algumas controvérsias no que diz respeito à sua determinação, pois além de ser realizado em tempo bastante limitado, esse parâmetro mede somente a “água livre” e não a “água restringida”.

Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), acrescentam que vários autores encontraram relações entre a taxa de sucção e a aderência, podendo esse comportamento ser modelado através de uma parábola, onde há um valor de IRA ótimo que proporciona maior resistência de aderência, como mostra a Figura 20.

Figura 20 - Gráfico da influência da taxa de absorção inicial de sucção de água do substrato na resistência de aderência.



Fonte: Carasek, Cascudo e Scartezini (2001).

- Processo de execução

A influência do processo executivo na aderência da argamassa inicia-se durante a mistura da mesma, assim, parâmetros como a energia, tempo, forma e sequência da mistura, podem influenciar nessa propriedade.

De acordo com Antunes (2005), a mistura manual possui baixa eficiência, quando comparada com processo mecânico, sendo necessário acrescentar-se mais água para obtenção do mesmo nível de propriedades reológicas. Assim, é uma fonte de variabilidade para o desenvolvimento da aderência.

Com relação à técnica de aplicação dos revestimentos de argamassa, têm-se que, na aplicação manual, o processo de compressão da camada com a colher ou alisamento com a régua promovem maior contato da argamassa com a superfície, o que potencializa a aderência desse sistema (SANTOS, 2003).

Porém, segundo resultados de alguns estudos, a técnica de projeção mecânica das argamassas pode potencializar a adesão inicial e conseqüentemente obter valores de resistência de aderência em torno de 50% superiores aos obtidos com a aplicação manual. Além disso, ressalta-se que com essa técnica obtêm-se uma menor variabilidade os resultados, sobretudo devido à menor interferência humana (ZANELATTO *et al.*, 2013).

Gonçalves (2004) acrescenta que, outra fonte de variação durante a aplicação, é a energia de lançamento da argamassa, principalmente no caso de aplicação manual. Sendo este processo variável devido a fatores como a força o trabalhador, a massa da porção lançada, ângulo do impacto com a base, altura do lançamento e a ergonomia. Além disso, John (2003 *apud* Antunes 2005) discute sobre a relação da energia de impacto e da reologia das argamassas na resistência de aderência, assim, considerando-se constantes as características da base, o autor ressalta que diferentes reologias requerem diferentes energias de impacto para minimização dos defeitos, maximizando a extensão de aderência e conseqüentemente a resistência de aderência.

- Condições climáticas

Além dos mecanismos de aderência decorrentes da combinação das propriedades apresentadas pelos substratos e argamassas de revestimento, existem fatores externos que intervêm nas propriedades dos elementos e que, portanto, intervêm nos mecanismos de aderência. Assim, fatores como a umidade relativa do ar, a temperatura e o efeito da ventilação influem diretamente nas condições de cura, que por sua vez influencia na aderência dos revestimentos.

No processo de cura, o efeito da umidade relativa atua diretamente na reação de hidratação do cimento, devido ao fato de regular a quantidade de água da pasta, de acordo com Iserhard (2000 *apud* Moura 2007). Ou seja, a umidade relativa do ar deve ser adequada para manter a pasta saturada durante todo a cura, possibilitando que a água da pasta seja utilizada na formação dos produtos de hidratação, que são responsáveis pelas propriedades mecânicas do material, e com isso não seja perdida por evaporação.

Toda essa consideração a respeito da cura é importante, pois diversos autores consideram o efeito benéfico da cura úmida e adequada na aderência dos revestimentos. Assim, com relação à temperatura, a sua influência não está em melhorar ou inibir a hidratação, mas sim em determinar a velocidade desse processo. O aumento da temperatura, de acordo com Iserhard (2000 *apud* MOURA, 2007), acelera o processo de hidratação do cimento, fazendo com que as propriedades mecânicas da argamassa sejam atingidas nas idades iniciais.

Além disso, a temperatura também influencia na quantidade de água presente na reação, pois age acelerando a perda desta. Assim, quanto maior a temperatura, maior a evaporação, o que pode provocar a falta de umidade no processo de cura, ocasionando a inibição da reação de hidratação e a retração no estado fresco (MOURA, 2007).

Um terceiro fator que caracteriza as condições de cura e que também pode influenciar na aderência, é a ventilação, sendo este pouco avaliado em pesquisas recentes. Scartezini (2002) citando outros trabalhos, relata que o vento atua na secagem do material, assim como o efeito gerado pelas altas temperaturas.

2.3.3 Determinação da Resistência de Aderência à Tração (NBR 13528/2010)

A NBR 13528 (ABNT, 2010) é a Norma Regulamentadora que dispõe sobre o método de ensaio para determinação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa aplicados em obra ou laboratório sobre substratos inorgânicos não metálicos.

Para ser realizado o ensaio são necessários os seguintes aparelhos, ferramentas e materiais: equipamento de tração, que permita a aplicação contínua de carga; pastilha; dispositivo de corte (serra copo); paquímetro, para determinar a espessura do revestimento e o diâmetro do corpo-de-prova; cola, com propriedades mecânicas compatíveis com o sistema em ensaio e atender às condições de umidade do revestimento; e material para sustentação das pastilhas, para evitar o deslocamento da pastilha durante o período de secagem da cola.

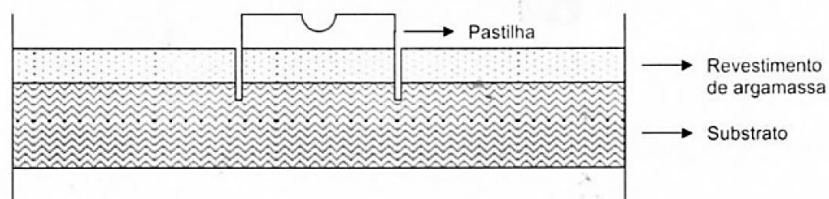
A norma supracitada indica que o ensaio deve ser realizado no revestimento com idade de 28 dias no caso de argamassas mistas ou de cimento e areia, e de 56 dias para argamassas de cal e areia, contados após a aplicação da argamassa sobre o substrato.

A execução do ensaio deve ser iniciada com o preparo dos corpos-de-prova; no caso de ensaios em obras, os corpos-de-prova podem ser preparados no local onde o revestimento estiver aplicado, em revestimentos acabados, antigos ou recentes; já para o caso de ensaios em laboratórios, devem ser realizados sobre painéis de alvenaria, componentes de alvenaria (blocos e tijolos), placas de concreto, entre outros. É estabelecido ainda que antes da aplicação da argamassa, deve ser feita uma limpeza na superfície do substrato para a eliminação de agentes contaminantes (óleo, poeira e outros), que possam prejudicar a aderência entre a argamassa e o substrato.

O ensaio é formado por 12 corpos-de-prova de mesmas características (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação da argamassa, idade do revestimento). E a distribuição dos mesmos deve ser feita de forma aleatória, contemplando arranchementos em juntas e blocos.

O corte do revestimento deve ser executado a seco ou com água, conforme as características da argamassa. Além disso, deve-se atentar para ser realizado mantendo sempre o equipamento de corte em posição ortogonal à superfície, cortando o revestimento no mínimo até a superfície do substrato (Figura 21).

Figura 21 - Delimitação do corpo-de-prova de revestimento pelo corte.



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Logo após, é necessário limpar a superfície do corpo-de-prova para a remoção de partículas soltas. Aplicar a cola, bem homogeneizada, sobre a pastilha; e aguardar o tempo para a secagem da cola.

A norma em questão determina que o ensaio deve ser realizado com o corpo-de-prova seco, uma vez que a umidade do revestimento no momento do ensaio influencia nos valores de aderência e nos coeficientes de variação.

Salienta ainda que devem ser extraídas três amostras do revestimento para se calcular o teor de umidade em porcentagem de massa de cada testemunho por meio da equação 5, assim, o teor de umidade médio do revestimento será igual à média das três determinações.

$$U = \frac{(m_U - m_i) - m_S}{m_S} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde: U = teor de umidade (%)

mu = massa úmida do conjunto (saco plástico + testemunho) (g)

mi = massa do saco plástico (g)

ms = massa seca do testemunho (g)

O esforço de tração deve ser aplicado perpendicularmente ao corpo-de-prova com taxa de carregamento constante, até a ruptura obtendo-se assim a carga (N) ou tensão de ruptura (MPa) para cada corpo-de-prova ensaiado. Além do mais, deve-se determinar o diâmetro do corpo-de-prova, para o cálculo da área da seção transversal em milímetros quadrados.

O cálculo da resistência de aderência à tração de cada corpo-de-prova é realizado pela equação 6:

$$Ra = \frac{F}{A} \quad (6)$$

Onde: Ra = resistência de aderência à tração (MPa)

F = força de ruptura (N)

A = área do corpo-de-prova (mm²)

2.3.4 Tipos de Ruptura

Um aspecto que deve ser avaliado na realização do teste de arrancamento segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010), e que é tão importante quanto os valores da resistência de aderência obtidos, é a análise do tipo de ruptura. De acordo com *European Mortar Industry Organization* (2001 *apud* Pretto 2007) pode-se ter dois tipos básicos de ruptura: a Ruptura Adesiva e Ruptura Coesiva.

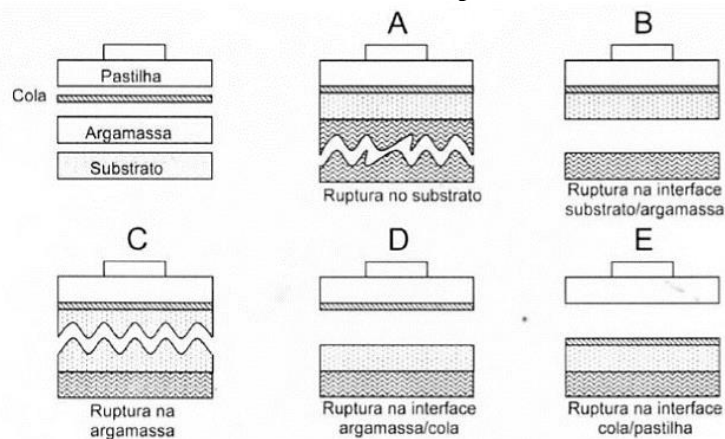
A ruptura adesiva é aquela que ocorre na interface entre a argamassa e o suporte, cujo valor obtido equivale à resistência de aderência da interface. Assim, no caso em que existe o chapisco, tem-se duas interfaces: interface revestimento/chapisco e interface chapisco/substrato. Carasek (2010) acrescenta que os valores obtidos da resistência de

aderência, para este caso, devem ser mais elevados, pois existe um maior potencial para essa patologia. Essa forma de ruptura corresponde ao tipo B da Figura 22 e aos tipos B e D da Figura 23.

Já a ruptura coesiva é aquela que ocorre no interior da argamassa ou do substrato, onde, segundo Bauer (2005), é devida a falhas por coesão dos materiais utilizados, evidenciando que a resistência de aderência verdadeira é maior do que a obtida no ensaio. Corresponde aos tipos A e C da Figura 22, assim como aos tipos A, C e E da Figura 23.

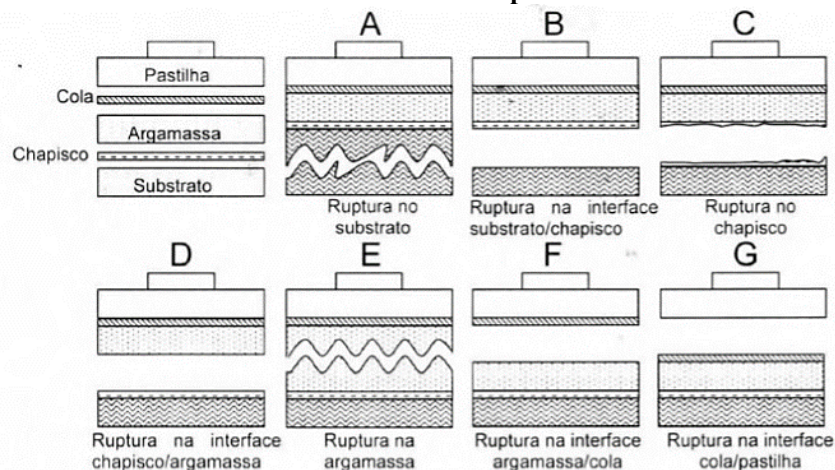
Carasek (2010) acrescenta ainda que a ruptura na interface argamassa/cola significa que a porção mais fraca é a camada superficial do revestimento de argamassa e quando os valores obtidos são baixos indica resistência superficial inadequada (pulverulência). E a ruptura na interface cola/pastilha é considerada um defeito de colagem, devendo ser desprezada do ensaio, caso ocorra.

Figura 22 - Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco.



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Figura 23 - Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco.



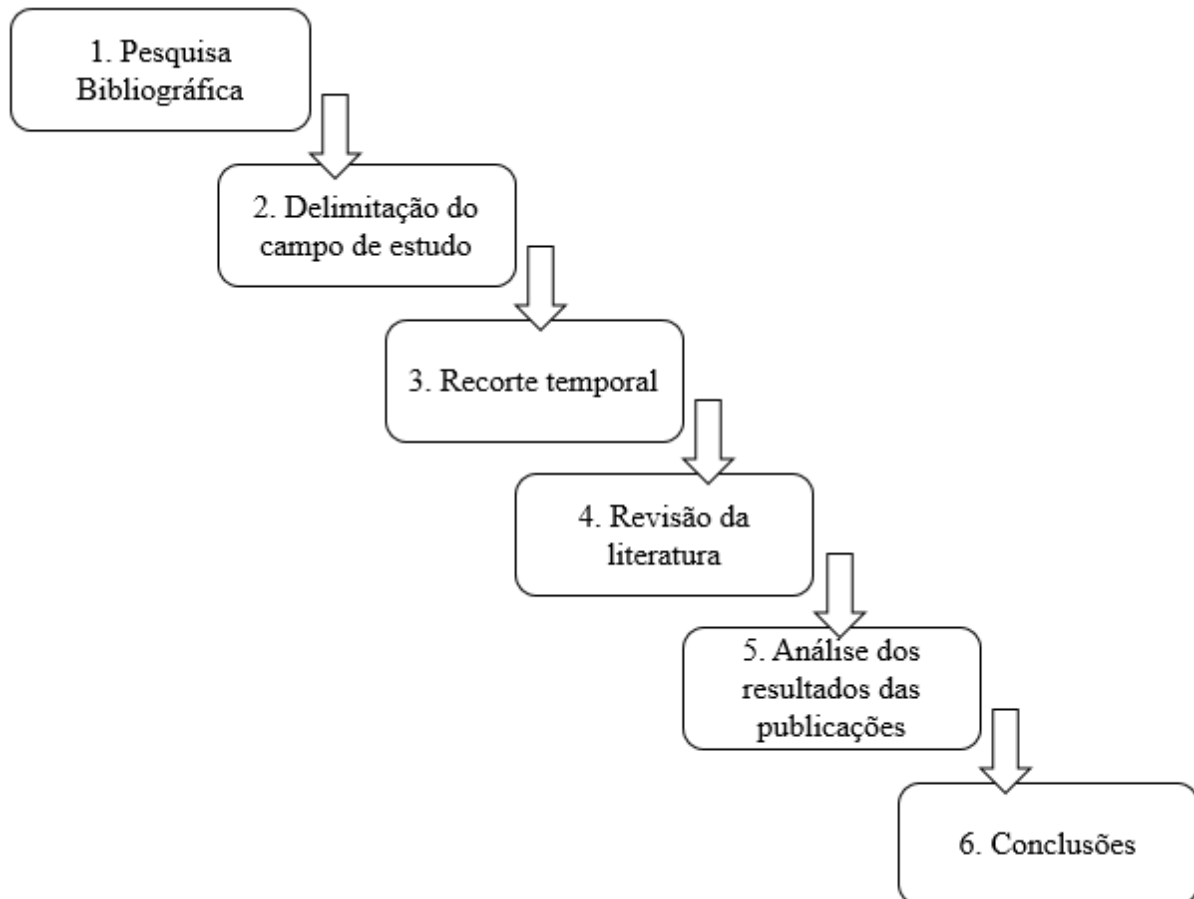
Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado, por meio da revisão da literatura, na qual foi baseada em textos técnicos sobre a resistência de aderência de revestimentos em argamassa, as suas variáveis e as respectivas influências das características do substrato, da composição da argamassa, dos processos de execução e das condições climáticas. Após isso, foi realizada uma compilação da análise dos estudos e resultados dos ensaios contidos nas pesquisas abordadas.

Assim, para uma melhor organização do trabalho a ser desenvolvido, e para facilitar o seu andamento, o mesmo foi dividido em 6 etapas, que estão mostradas na Figura 24 e descritas logo abaixo.

Figura 24 - Diagrama de apresentação das etapas.

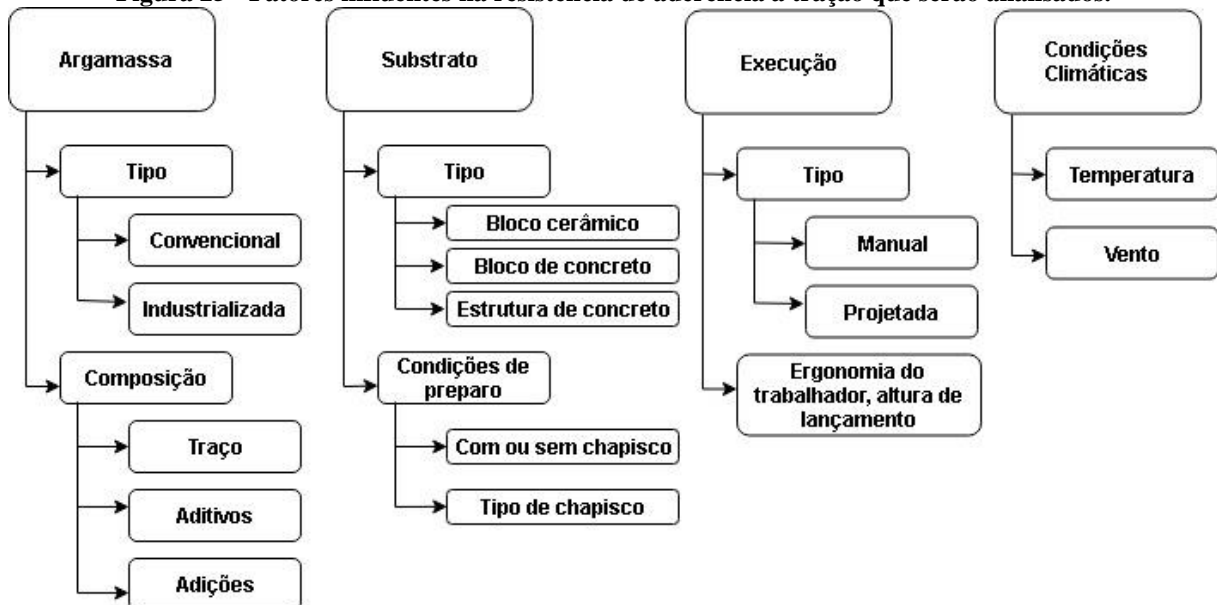


Fonte: Autoria Própria (2019).

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica, por meio da leitura de documentos, apostilas, livros com originalidade primária e secundária, com o propósito de definir e delimitar o campo de estudo que iria ser trabalhado e discutido.

Dessa forma, por meio desse contato inicial com a literatura vigente, foi possível delimitar os parâmetros que possuem relação direta com a Resistência de Aderência à Tração, e que foram analisados na presente pesquisa. Assim, com relação aos substratos, escolheu-se analisar principalmente: blocos cerâmicos de vedação, blocos estruturais de concreto e estruturas de concreto (pilares, vigas, etc.). Já a argamassa foi analisada quanto ao seu traço, ao emprego de aditivos ou adições, assim como seu tipo de preparo (industrializada ou manual). Além disso, também foram analisadas as variáveis relacionadas ao processo de execução, sendo estas o tipo e fatores como a ergonomia do trabalhador e a altura de lançamento da argamassa. Para as condições climáticas, considerou-se a influência da temperatura e do vento (Figura 25).

Figura 25 - Fatores influentes na resistência de aderência à tração que serão analisados.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Após a escolha dos parâmetros analisados, foi definido um recorte temporal, com o intuito de facilitar e organizar as análises a serem feitas. Logo, os anos das publicações se encontram entre os anos de 1998 a 2018, compreendidas em um intervalo de 20 anos. É importante salientar que, inicialmente foi idealizado um recorte temporal entre os anos de 2010 à a 2018, para garantir que as publicações analisadas estejam conforme a versão mais atualizada da norma, a NBR 13528 (2010). Porém, foi encontrado um grande número de trabalhos relevantes e de autores renomados nessa área, compreendidos em anos anteriores, por isso a escolha do intervalo mais abrangente.

Com o campo de estudo já delimitado e o intervalo de tempo determinado, foi possível realizar de fato a revisão da literatura a respeito dos principais fatores que exercem influência na Resistência de Aderência à Tração. Diante disso, foram pesquisados artigos científicos,

dissertações de mestrado, teses de doutorado, monografias e boletins técnicos, que possuísem resultados de ensaios para a determinação da aderência à tração. Assim, foram encontrados um total de 50 publicações, porém após uma seleção que levou em conta alguns critérios, como: relevância, ano de publicação, fatores abordados e ensaio realizado especificamente pela NBR 13528 (2010) (ou pela sua versão anterior), obteve-se uma quantidade de 25 publicações.

Além disso, as principais publicações em livros, apostilas, etc., encontrados a respeito desse tema foram, dentre eles, o de autores renomados como Carasek (2010), Bauer (2005) e Sabbatini, Maciel e Barros (1998), que foram amplamente utilizados como base para o presente estudo, fornecendo definições e considerações importantes a respeito desse tema.

Com relação às bases de busca utilizadas, estas foram as seguintes: Scientific Electronic Library Online – SciELO, Revista Online da Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído - ANTAC, Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – SBTA, além de repositórios online de instituições como a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). As palavras-chaves utilizadas para obtenção das publicações nos respectivos campos de busca, foram: argamassas, aderência de argamassas, resistência de aderência, NBR 13528.

Após todo esse levantamento da literatura, foi feita a síntese e análise dos estudos considerados e posterior conclusão, determinando assim quais fatores influentes foram mais abordados pelos respectivos autores e quais parâmetros conferem uma melhor aderência de resistência à tração.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir desse estudo foi possível perceber a complexidade de influenciadores na dinâmica da formação da aderência, sendo que, para que esta ocorra, vários fatores podem intervir, principalmente os materiais constituintes das argamassas e a sua trabalhabilidade, e as características do substrato e o respectivo tratamento superficial dado a este. Além disso, as condições de exposição, como a temperatura e o vento, e a forma e energia de aplicação da argamassa, também podem ser bastante determinantes no desempenho da aderência.

Nos gráficos mostrados nas Figuras 26 e 27 verifica-se que o fator influente mais abordado nas publicações consideradas nesse estudo, situadas entre os anos de 1998 e 2018, foram as características do substrato, principalmente no que se diz respeito às suas condições de preparo, como a presença ou não de chapisco, o tipo de chapisco (lançado, rolado ou projetado), além da influência de outros tipos de tratamento de base.

Assim, pode-se observar que o substrato foi analisado em 50% das publicações, seguido da influência das características da argamassa, que representou 29% do total de análises. As variáveis relacionadas ao método de execução do revestimento representaram um total de 14%, e por fim, a influência das condições climáticas, que embora não menos importante, foi analisada apenas em 7% das publicações.

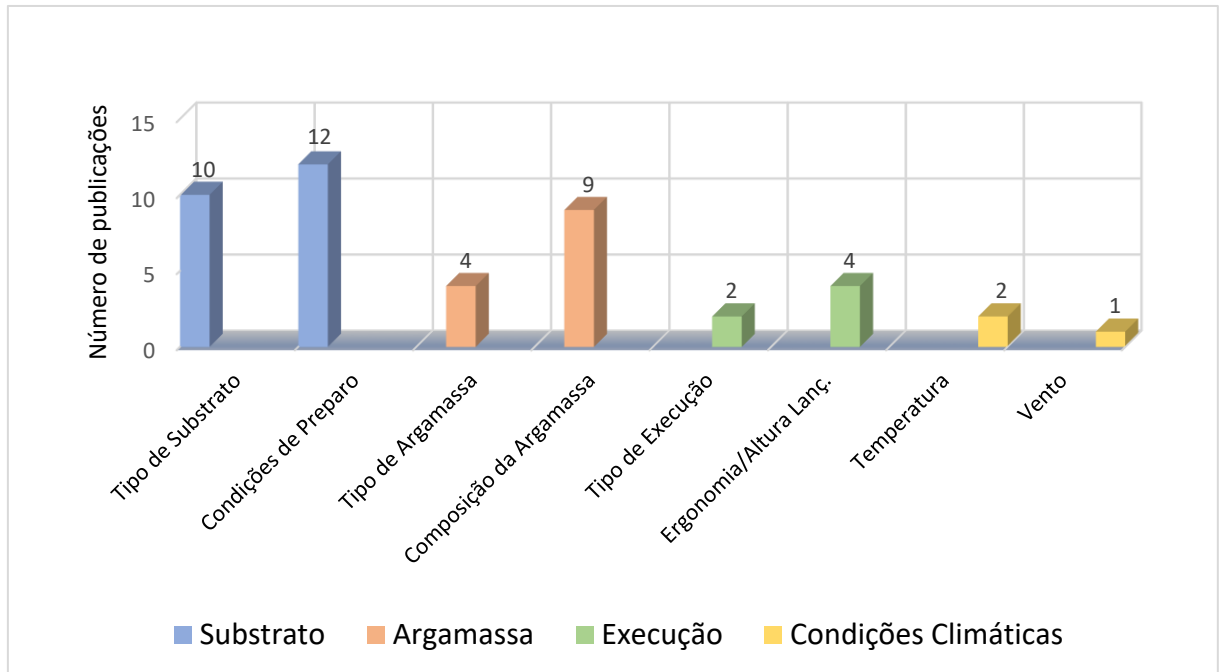
Vale ressaltar que se analisou um total de 25 publicações, porém algumas consideravam e discutiam a influência de mais de um fator na obtenção da resistência de aderência à tração, o que explica o fato do número total de análises nos gráficos serem maior. Os dados relativos à todas às publicações abordadas, tais como: o título, os autores, o ano e os fatores analisados nas mesmas, se encontram no Apêndice A.

Autores como Scartzini e Carasek (2003) concluíram que o tipo de substrato é o maior responsável pela variação existente na resistência de aderência, sendo extremamente significativo. Diante disso, podemos perceber a importância do estudo da influência do substrato na resistência de aderência à tração dos revestimentos, pois tem como intuito melhorar a condição de ancoragem da argamassa à base de aplicação, levando-se em conta os materiais existentes em cada região, sobretudo os blocos utilizados nas alvenarias.

As considerações dos autores a partir dos resultados de ensaios da determinação de resistência de aderência à tração, de acordo com cada fator influente, foram sintetizadas e discutidas nos subitens abaixo. Ressalta-se que no presente estudo não se buscou analisar quais os resultados que estariam de acordo com as especificações mínimas estabelecidas pela NBR

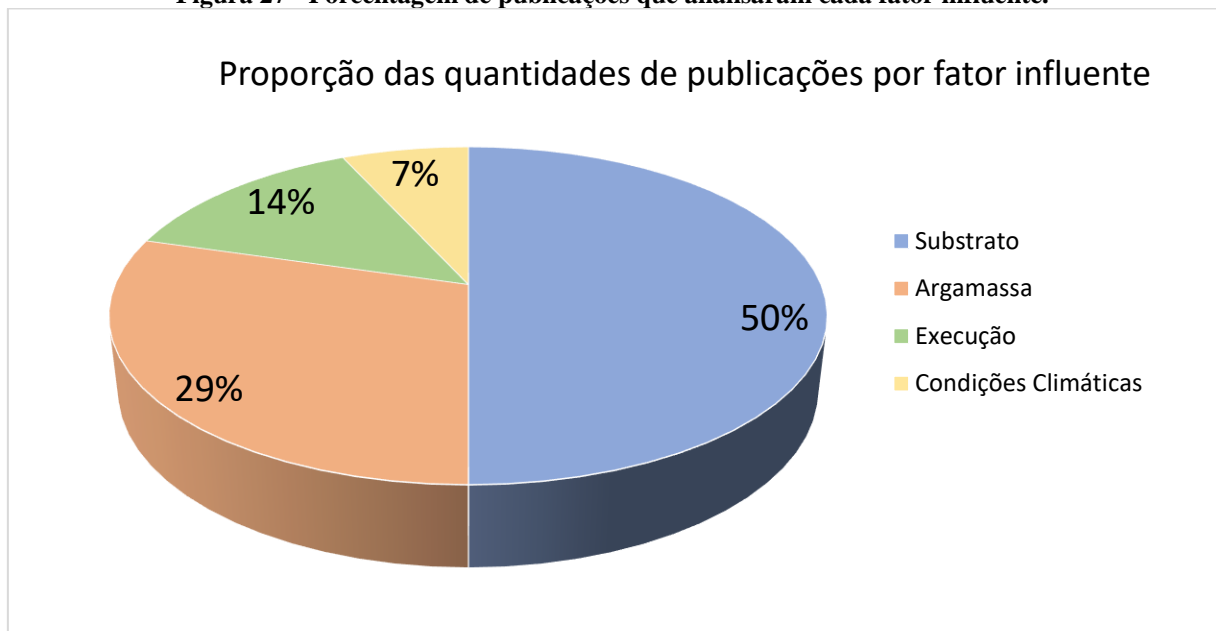
13749 (ABNT, 2013), mas sim quais os parâmetros que fornecem maior aderência à tração, de acordo com suas características.

Figura 26 - Quantidade de publicações por tipo de fator influente.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 27 - Porcentagem de publicações que analisaram cada fator influente.



Fonte: Autoria Própria (2019).

4.1 INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO

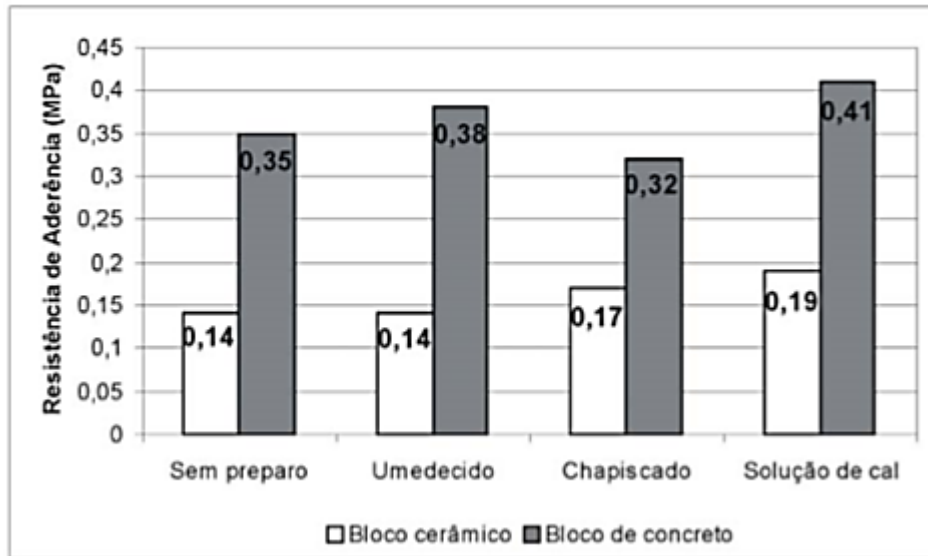
Como visto, as características relacionadas ao substrato que compõe certo tipo de sistema de revestimento, foi o fator influente mais analisado nas pesquisas consideradas no presente estudo, tanto com relação ao seu tipo, como as condições de preparo ao qual pode ser submetido. Assim, nos últimos anos, diversos estudos se destacaram com o objetivo de identificar a influência das características do substrato na aderência, dentre eles: Scartezini e Carasek (2003), Silva, Gomes e Santos (2009), Becker e Andrade (2017), Kazmierczak; Brezezinski, e Collatto (2007), Brezezinski, e Collatto (2007), Scartezini *et al.* (2002), Pretto (2007), Temp *et al.* (2013), Possan, Gava e Couri Petruski (2002), Cruz (2015), Candia e Franco (1998), Tiggemann e Longhi (2017), Scussel e Antunes (2017), Taube, Gava e Couri Petruski (2003), Leal (2003).

Em estudos mais recentes, os autores Tiggemann e Longhi (2017), ao realizarem a aplicação de argamassa industrializada sobre concreto estrutural de Fck igual a 30 MPa, bloco de concreto e bloco cerâmico, observaram que o concreto estrutural apresentou os menores valores de resistência de aderência, justificando essa ocorrência pelo fato do aumento da resistência à compressão provocar a diminuição da porosidade, inibindo a penetração da pasta nos mesmos. Por outro lado, o bloco de concreto foi o que forneceu as maiores aderências. Essa diminuição da resistência de aderência entre substrato de concreto e chapisco, à medida em que a resistência do concreto aumenta também foi comprovada por Becker e Andrade (2017).

Resultados semelhantes também foram encontrados por Leal (2003) e Scartezini e Carasek (2003), onde, ao comparar o desempenho de blocos cerâmicos e blocos de concreto, diante de alguns tipos de preparo de base, verificou-se que os blocos de concreto propiciaram maior aderência ao sistema de revestimento, em todos os casos. E acrescentaram que esse tipo de bloco possui uma maior rugosidade superficial que favorece a macroancoragem da argamassa, por permitir uma melhor penetração da mesma no interior do bloco.

Analisando ainda o efeito de alguns tipos de preparo de base, Scartezini e Carasek (2003) perceberam que o chapisco comum e a solução de cal, forneceram maior aderência, quando comparados com o substrato sem preparo e umedecido, para os blocos cerâmicos. Porém, o uso do chapisco aumentou a resistência de aderência apenas nesse tipo de bloco, por propiciar uma maior rugosidade superficial aos mesmos, já os blocos de concreto, por possuírem uma textura mais áspera, perderam um pouco esta característica pela uniformização provocada pelo chapisco, como mostra a Figura 28.

Figura 28 - Resistência de aderência à tração média para blocos cerâmicos e blocos de concreto.

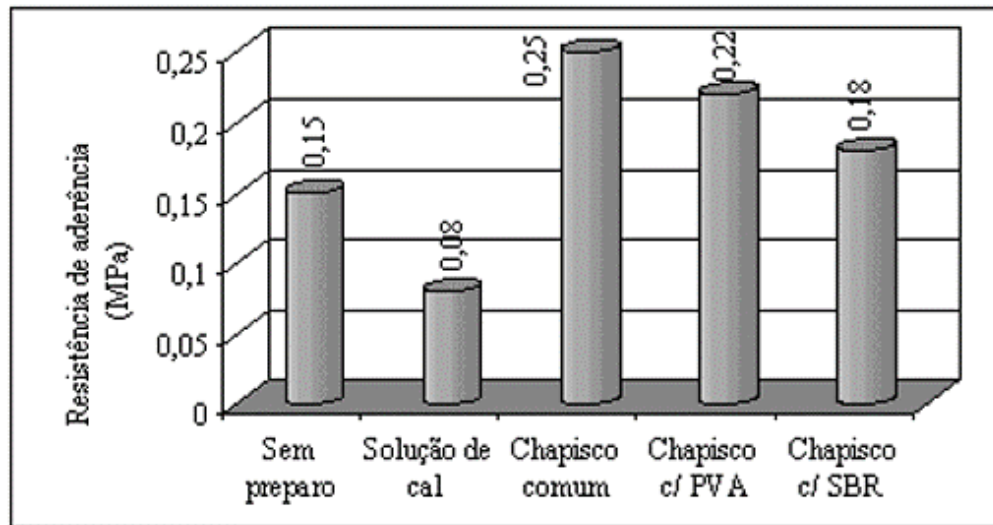


Fonte: Scartezini e Carasek (2003).

Similarmente, os autores Candia e Franco (1998), observaram em seus estudos, que com a aplicação do chapisco comum sobre blocos cerâmicos e estruturas de concreto, percebeu-se uma significativa melhora na rugosidade superficial e nos valores do IRA, e com isso a resistência de aderência também foi melhorada. Já para os blocos de concreto, concluíram que neste caso não precisa efetuar a aplicação do chapisco, já que as suas características superficiais são apropriadas para proporcionar uma boa aderência do revestimento.

Scartezini *et al.* (2002) também constataram em suas pesquisas, que a aplicação de chapisco comum em substrato de bloco cerâmico, forneceu uma maior resistência média de aderência, assim como mostra a Figura 29. Além disso, foi obtida uma relação entre o coeficiente de absorção de água médio dos diferentes preparos e a resistência de aderência média, onde, a maioria das situações estudadas, à medida que o coeficiente de absorção aumenta, a resistência de aderência também aumenta. Fato este que comprova que a sucção promovida pelo substrato é fundamental para a evolução do mecanismo de aderência, pois auxilia o processo de intertravamento dos compostos hidratados do cimento.

Figura 29 - Resistência média de aderência para os diferentes tipos de preparo do substrato.



Fonte: Scartezini *et al.* (2002).

Entretanto, ao contrário do observado pelos autores citados acima, na pesquisa realizada por Kazmierczak; Brezezinski, e Collatto (2007), o uso de chapisco proporcionou aumento de resistência de aderência quando aplicado sobre os blocos de concreto. Os autores justificaram esse fato, pela elevada resistência à compressão do bloco de concreto utilizado, que resultou numa porosidade muito baixa à base, dificultando a ancoragem da argamassa.

Com relação ao tipo de chapisco, Becker e Andrade (2017) avaliaram o desempenho quanto à aderência do chapisco convencional e industrializado, aplicado de duas formas (rolado e desempenado) sobre estruturas de concreto de diferentes resistências. Os autores observaram que os chapiscos industrializados forneceram uma maior resistência de aderência ao sistema, principalmente nos substratos de maiores resistências, onde tal fato foi explicado pelos autores, devido ao teor de agregado miúdo na confecção do chapisco convencional, pois à medida que se aumenta a quantidade de areia há uma minimização da resistência de aderência, devido ao ar aprisionado durante o processo de mistura, que tende a minimizar a extensão de argamassa aderida no substrato de concreto.

Cruz (2015) também observou uma melhora na aderência dos sistemas de revestimentos, com a aplicação do chapisco industrializado. Onde, nos seus estudos, o autor verificou um aumento de 19,44% quando comparado com o chapisco convencional, para o caso de blocos cerâmicos. Para a sua aplicação em blocos de concreto, essa diferença foi ainda mais acentuada, sendo de 40,33%, indicando assim uma maior eficiência desse tipo de chapisco para os dois tipos de bloco.

4.2 INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA

Como visto anteriormente, as características das argamassas foram analisadas em 29% das publicações, onde o comportamento das argamassas convencionais e industrializadas foi observado em um total de quatro pesquisas, já sua composição, no que diz respeito a mudanças no traço, uso de aditivos ou adições, foi analisada em nove. Assim, no presente estudo, alguns autores se detiveram a avaliar esse fator influente, tais como: Gonçalves e Azambuja (2016), Costa, Cardoso e John (2016), Sentena, Kazmierczak e Krein (2018), Dubaj (2000), Temp *et al.* (2013), Possan, Gava e Couri Petruski (2002), Candia e Franco (1998), Diógenes (2016), Alves (2002), Antunes (2005), Taube, Gava e Couri Petruski (2003), Angelim, Angelim e Carasek (2003), Moura (2007).

Taube, Gava e Couri Petruski (2003), ao comparar a aplicação de uma argamassa mista de cimento e cal produzida em obra com uma argamassa industrializada em diferentes tipos de substratos, percebeu-se que para a argamassa produzida em obra, não existe diferença significativa na aplicação da mesma entre os substratos. Já a argamassa industrializada, possuiu um melhor desempenho na laje de concreto, sendo este o melhor conjunto base/revestimento dentre todos analisados. Fazendo-se uma análise de comparação simples de médias de resistência de aderência entre os tipos de argamassas, percebe-se que na grande maioria dos casos, encontrou-se valores superiores de aderência para a argamassa industrializada, mesmo sem a adição da camada de chapisco.

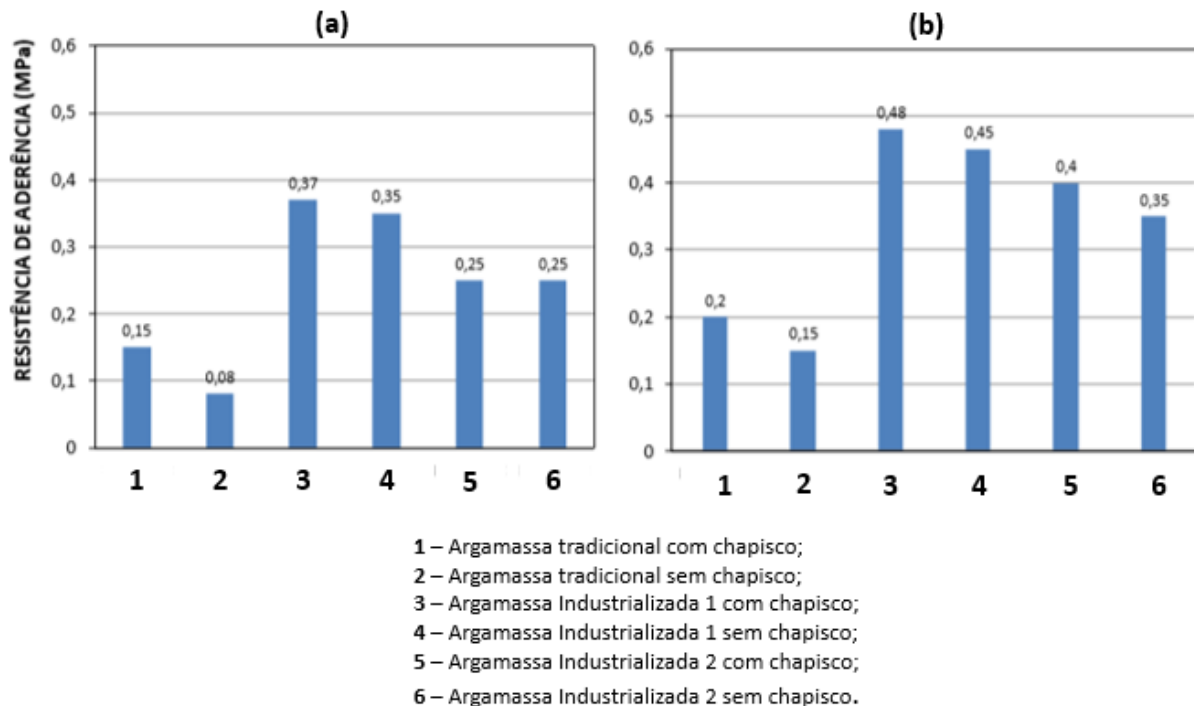
Resultados semelhantes também foram encontrados por Possan, Gava e Couri Petruski (2002), ao perceberem que a argamassa mista produzida em obra teve desempenho semelhante tanto em blocos de concreto quanto em blocos cerâmicos, chapiscados ou não. Porém, os autores não encontraram diferenças tão significativas quanto à aderência à tração entre a argamassa produzida em obra e duas marcas distintas de argamassa industrializada, embora essas últimas tenham apresentado resultados satisfatórios.

Outros autores como Temp *et al.* (2013), da mesma forma que Taube, Gava e Couri Petruski (2003), concluíram a partir de seus estudos que os sistemas de revestimento industrializados apresentaram melhores desempenhos em relação às argamassas preparadas em obra em alguns tipos de substratos cerâmicos, no que diz respeito à aderência, como mostra a Figura 30.

Diante desses resultados, pode-se explicar esse melhor desempenho das argamassas industrializadas, de maneira geral, pelo fato de estas serem compostas por agregados com

granulometria controlada e aditivos especiais que melhoram as suas propriedades, inclusive a aderência. Já as argamassas produzidas em obra propiciam uma falta de homogeneidade e uma dosagem muitas vezes inadequada, impactando diretamente na resistência de aderência.

Figura 30 - Resistência de aderência média para blocos cerâmicos lisos (a) e blocos cerâmicos nervurados (b).



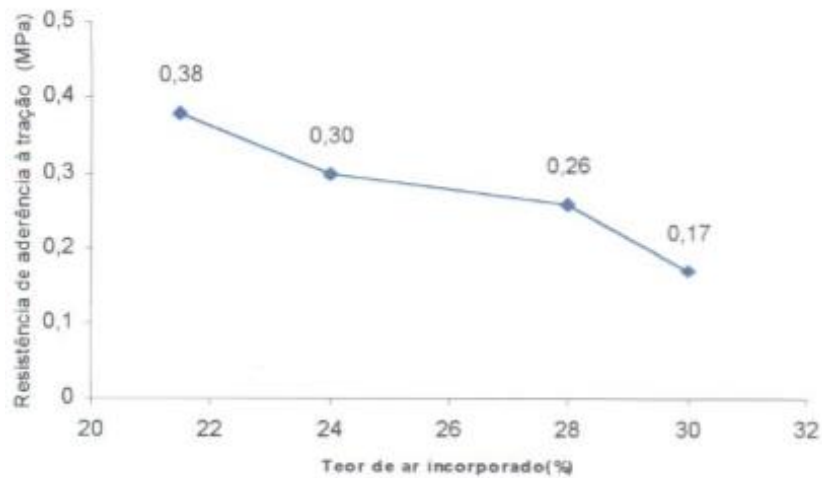
Fonte: Adaptado de Temp *et al.* (2013).

Com relação à sua composição, Dubaj (2000), comparou 6 tipos de traços, sendo alguns mais utilizados e outros utilizando aditivos impermeabilizantes ou incorporadores de ar, com o intuito de avaliar a aplicação destes no desempenho do sistema de revestimento. Porém, o traço que forneceu maior aderência foi o tradicional 1:2:6 (cimento: cal: areia). O autor também comprovou a relação direta entre o aumento de resistência de aderência e o consumo de cimento, tanto para os traços sem aditivos na sua composição quanto para os que possuem aditivos, justificando que o alto teor de cimento favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, aumentando assim a sua ancoragem.

Os autores Gonçalves e Azambuja (2003) encontraram resultados similares a Dubaj (2000), com relação aos aditivos impermeabilizantes, onde os mesmos, de maneira geral, não garantiram um ganho de resistência de aderência, quando comparados com traços tradicionais. Além disso, ao comparar o desempenho dos traços 1:3 (cimento:areia) e 1:2:8, também comprovaram a relação direta da aderência com o teor de cimento, onde o primeiro apresentou melhor desempenho quanto à essa propriedade.

Alves (2002), confirmou em seus estudos que o teor de ar e resistência de aderência à tração são inversamente proporcionais (Figura 31), ao comparar argamassas com diferentes teores de aditivos incorporadores de ar e então constatar uma diferença de 55% entre as argamassas produzidas com menor e maior teor de ar. Possivelmente, essa diminuição da resistência de aderência ocorreu devido a redução da superfície de contato entre a argamassa e o substrato, por causa de bolhas de ar presentes na interface desses materiais, assim como pela perda de resistência mecânica da argamassa.

Figura 31 – Influência do teor de ar incorporado na resistência de aderência à tração.



Fonte: Alves (2002).

Também foi observado uma quantidade de estudos que tinham o intuito de avaliar a viabilidade técnica da adição de alguns materiais não convencionais na composição das argamassas. Dessa forma, autores como Costa, Cardoso e John (2016) avaliaram o efeito do teor de partículas de fino calcário em substituição ao ligante, entretanto não encontraram desempenhos muito satisfatórios. Assim como os autores Sentena, Kazmierczak e Krein (2018), que avaliaram a aderência da argamassa com teores de finos produzidos a partir da moagem de concreto pré-moldado, adicionados em alguns teores em relação à massa de areia, que verificaram que com o aumento no teor de finos de concreto, há uma diminuição na resistência de aderência.

Além disso, Angelim, Angelim e Carasek (2003), se apresentou como o único estudo que avaliou a influência da distribuição granulométrica da areia em argamassas. Os revestimentos executados a partir de argamassas elaboradas com areia fina apresentaram valores de resistência de aderência à tração maiores aos dos revestimentos executados a partir de argamassas elaboradas com areia muito fina. Um dos fatores que levaram a esse resultado,

foi o fato de os revestimentos produzidos com areia muito fina serem menos rugosos, o que pode piorar a resistência de aderência.

4.3 INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE EXECUÇÃO

Dentre as 25 publicações abordadas, apenas 4 avaliaram a influência das variações decorrentes do processo executivo de um sistema de revestimento, na resistência de aderência, assim como mostra o apêndice A. Considerando que o processo de execução exerce influência considerável no desempenho da resistência de aderência à tração, deveriam ter mais estudos que o abordassem.

Os autores que abordaram essa problemática, foram: Costa e Silva; Mota e Barbosa (2013), Scussel e Antunes (2017), Antunes (2005) e Gonçalves e Bauer (2005). Onde os mesmos, apresentaram análises principalmente com relação à posição do operário (ergonomia) durante a colocação da argamassa na parede, cuja altura vai desde o piso até o teto, e a própria energia de aplicação no substrato, variável de acordo com seu lançamento manual ou por projeção mecânica.

Em seus estudos, Costa e Silva; Mota e Barbosa (2013), ao avaliarem o efeito das técnicas de projeção manual e mecânica, constataram que os resultados médios foram superiores na argamassa aplicada por projeção mecânica, em comparação com o lançamento manual. Além disso, observaram que houve uma menor dispersão no caso das argamassas aplicadas por projeção mecânica, ao notarem que os coeficientes de variação das mesmas foram bem menor do que a argamassa lançada manualmente.

Tal resultado corrobora para a constatação de que a mecanização reduz a influência da habilidade do operário no desempenho do revestimento, em comparação com o lançamento manual, o que pôde ser verificado a partir dos maiores níveis de resistência e dos menores valores de dispersão nas amostras ensaiadas em locais preparados por meio de projeção mecânica.

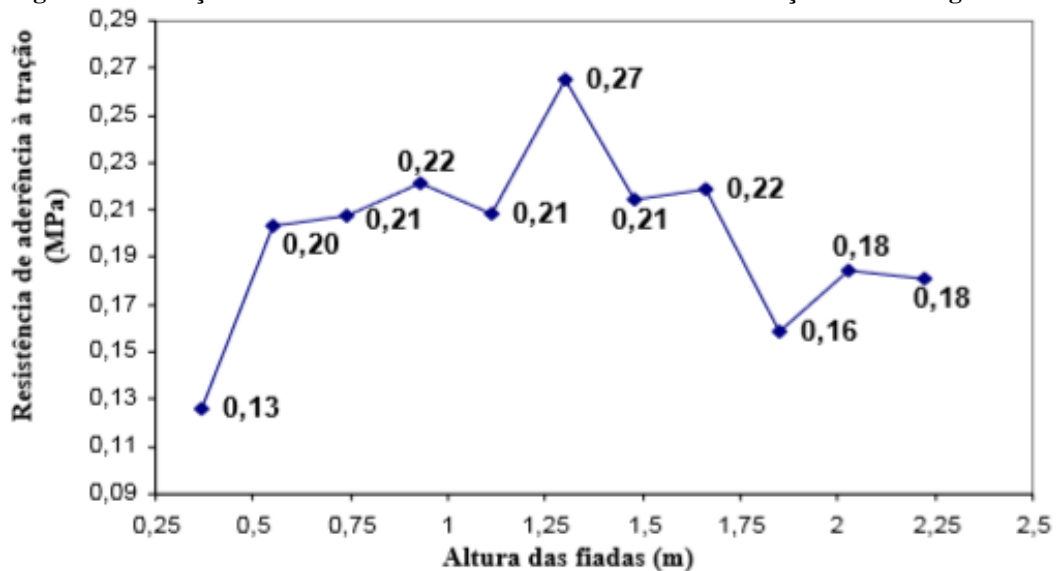
Entretanto, Scussel e Antunes (2017) não obtiveram os mesmos resultados ao compararem esses dois tipos de aplicação da argamassa. Onde, a argamassa com projeção manual apresentou melhor resistência de aderência, tanto em blocos cerâmicos, como em blocos de concreto. Esse resultado não é muito comum, pois na maioria das literaturas, o desempenho da argamassa projetada é melhor. Porém, os autores justificaram que um dos possíveis fatores foi a própria dosagem das argamassas, tendo em vista que a argamassa manual apresentou

valores maiores para retenção de água, resistência à tração na flexão e compressão axial. Além disso, pode-se afirmar que os resultados obtidos por eles não foram muito representativos, pois considerou-se um número de corpos-de-prova inferior ao exigido pela NBR 13528 (ABNT, 2010) para a realização do ensaio.

Com relação à altura de lançamento, Scussel e Antunes (2017) não observaram tanta influência deste fator na resistência de aderência, porém, com base na análise dos desvios padrões, a argamassa manual na altura de 180 cm apresentou maior variabilidade. Já a argamassa projetada não apresentou influência da altura nos valores de resistência de aderência à tração. Assim, comprovou-se que, por ser um equipamento mecânico, a energia de lançamento da argamassa não foi afetada pelo fator altura.

Por outro lado, autores como Antunes (2005) e Gonçalves e Bauer (2005) comprovaram a forte influência da ergonomia do operário e da altura de lançamento no desempenho do revestimento quanto à aderência. Onde, Antunes (2005) observou que o aumento da altura de lançamento de 1 m para 2 m elevou em 41% o valor da resistência de aderência. Os estudos de Gonçalves e Bauer (2005), apresentaram uma média expressivamente mais alta na altura próxima a 1,30 m (Figura 32), que seria a posição em que o operário aplica a argamassa com o corpo ereto, permitindo uma maior liberação de energia de aplicação.

Figura 32 - Relação entre a resistência de aderência e a altura de lançamento da argamassa.



Fonte: Gonçalves e Bauer (2005).

4.4 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Dentre as publicações analisadas no presente estudo, apenas duas abordaram em seus conteúdos a respeito da influência das condições climáticas, onde Moura (2007) observou o efeito da variação de temperatura e da ventilação na resistência de aderência e mais recentemente, Sentena, Kazmierczak e Krein (2018), avaliaram o efeito de uma ciclagem térmica. Desta forma, deveriam ter mais estudos em torno deste fator influente, visto que a durabilidade dos revestimentos de fachada está relacionada principalmente à sua interação com fenômenos climáticos.

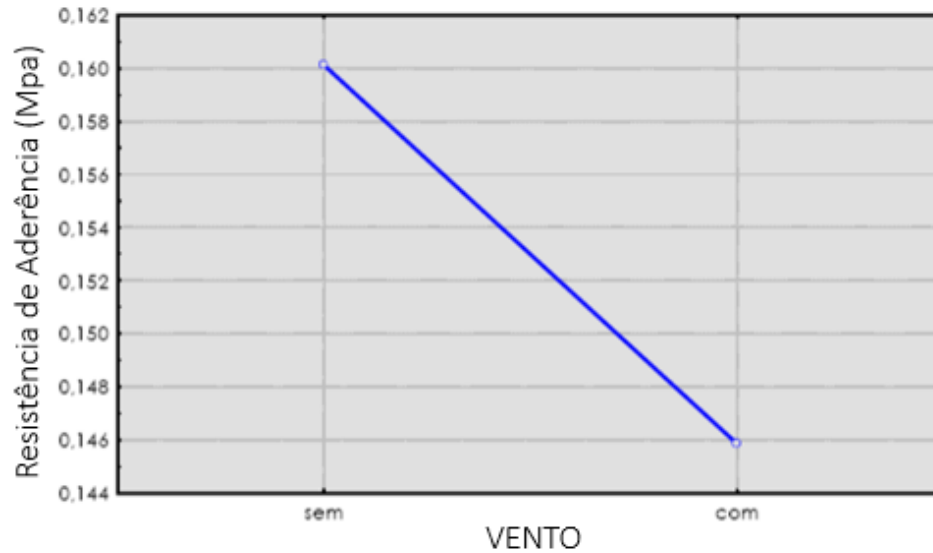
Moura (2007) objetivou analisar a influência da ação do vento e da temperatura elevada durante a cura da argamassa de chapisco na aderência dos revestimentos externos de argamassa aplicados em substratos de concreto, por meio da análise de 4 condições. Na primeira condição, os substratos de concreto foram expostos a uma temperatura ambiente, correspondente a 23 ± 2 °C, sem a ação do vento. Na segunda condição repetiu-se a temperatura, porém se acrescentou a ação do vento sobre a camada de chapisco. Caracterizando as condições severas, os sistemas foram expostos a uma temperatura de 40°C, sendo uma condição sem a ação do vento e outra, considerada a condição crítica, com a ação do vento.

A autora observou que a ação do vento influenciou de forma significativa na resistência de aderência, agindo de forma a reduzi-la (Figura 33), possivelmente pela secagem do material que levou a dois efeitos. Assim, pode ter ocasionado a insuficiência de água para o transporte dos produtos da hidratação do cimento do chapisco para o substrato, assim como a secagem da argamassa de chapisco pode ter levado a uma maior absorção da água da argamassa de revestimento, impedindo a formação completa dos produtos de hidratação da última, tornando-a mais frágil. A ação da temperatura elevada na argamassa de chapisco também contribui com uma queda de resistência (Figura 34), onde este efeito pode ser explicado pela secagem do material ocorrer juntamente com a hidratação acelerada, que é responsável pela formação de produtos mais frágeis.

Conclusões similares foram obtidas por Sentena, Kazmierczak e Krein (2018), onde os autores com o intuito de simular a variação brusca de temperatura na qual revestimentos de fachadas são sujeitos, avaliaram o efeito de uma ciclagem térmica. Os sistemas de revestimentos foram estocados em ambiente com temperatura de 60 ± 5 °C, até atingirem constância de massa, e após isso foram submetidos a ciclos de acréscimo de temperatura seguidos por resfriamento brusco por aspersão de água. Considerando-se todos os ensaios, os

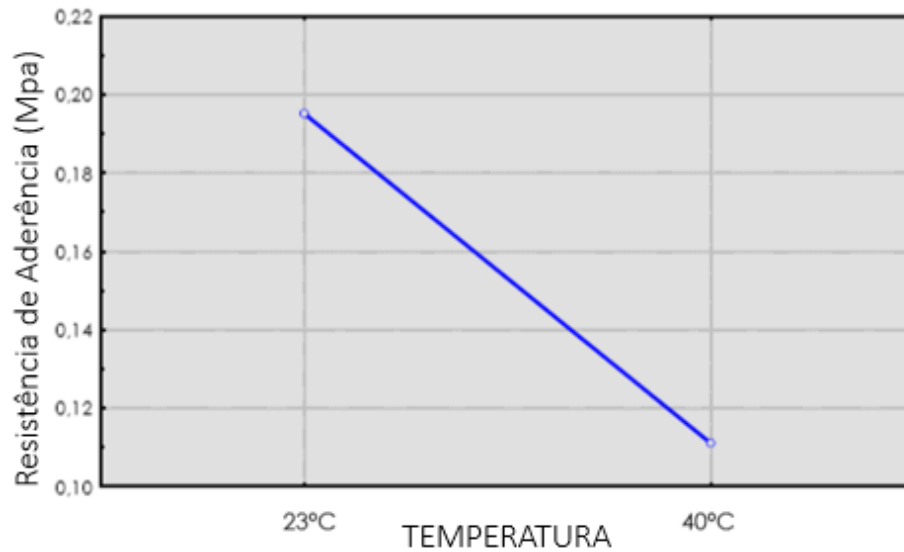
autores também observaram que esse processo gerou uma queda média de 15% na resistência de aderência dos revestimentos de argamassa.

Figura 33 - Influência da ação do vento na resistência de aderência.



Fonte: Moura (2007).

Figura 34 - Influência da ação da temperatura na resistência de aderência.



Fonte: Moura (2007).

5 CONCLUSÃO

O mau desempenho dos revestimentos argamassados deve-se na maioria dos casos pela perda ou falta de aderência ao substrato, sendo uma propriedade indispensável à vida útil desse sistema. Através do presente trabalho foi possível observar que existe uma complexidade de parâmetros que influenciam a aderência da argamassa ao substrato. Entretanto, através da revisão bibliográfica realizada, concluiu-se que os principais fatores que afetam diretamente a Resistência de Aderência à Tração são principalmente as características do substrato e da própria argamassa, não deixando, porém, de considerar o método executivo e as condições climáticas as quais o sistema está submetido, pois também influenciam nessa propriedade.

As características do substrato se apresentaram como o fator mais abordado nas publicações, e considerado por alguns autores como o maior responsável pela variação existente na resistência de aderência, sendo extremamente significativo. Logo, a partir da análise dos estudos, concluiu-se que as propriedades dos substratos mais importantes no desenvolvimento da aderência são a rugosidade, a porosidade e absorção de água, por estarem diretamente ligadas ao processo de ancoragem da argamassa, que permite uma melhor penetração da mesma no interior do bloco. Dessa forma, os blocos de concreto forneceram melhores condições para resistência de aderência e a aplicação do chapisco, de forma geral, se mostrou eficiente apenas para o caso dos blocos cerâmicos e estruturas de concreto.

Quanto às características da argamassa, segundo fator mais influente, foi possível destacar sua diferenciação entre a convencional e industrializada, e também a sua composição. O melhor desempenho das argamassas industrializadas se deu pelo controle mais rígido de fabricação, com granulometria controlada e aditivos, diferente da falta de homogeneidade das argamassas convencionais produzidas em obra. Com relação ao seu traço, foi comprovada a relação direta entre o aumento da resistência de aderência e o consumo de cimento, além disso, o uso de aditivos impermeabilizantes ou incorporadores de ar e de adições como fino calcário e finos provenientes da moagem de concreto pré-moldado não favoreceram o desenvolvimento da aderência.

O processo executivo e as condições climáticas, apesar de se configurarem como fatores que influenciam diretamente na resistência de aderência, apresentaram volume menos expressivo que as características do substrato e da argamassa. Isso pode estar relacionado à menor relação com a propriedade ou à pouca quantidade de pesquisas difundidas com esse tema.

A partir da análise do tipo de execução, constatou-se que a mecanização do processo reduz a influência da habilidade do operário no desempenho do revestimento, em comparação com o lançamento manual, o que pôde ser verificado a partir dos maiores níveis de resistência e dos menores valores de dispersão em sistemas de revestimento executados por meio de projeção mecânica. Além disso, notou-se, de forma geral, que as alturas em torno de 1,30 a 2m, apresentaram uma média mais alta, por ser a posição em que o operário aplica a argamassa com o corpo ereto, permitindo uma maior liberação de energia de aplicação.

E por fim, com relação às condições climáticas, que são fatores incontroláveis, nos quais os sistemas de revestimento são expostos, principalmente as fachadas, foi possível comprovar que fatores como o vento e a temperatura influenciam negativamente, pois proporcionaram uma queda considerável na resistência de aderência média dos sistemas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas- Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

_____. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2009.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

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

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas- Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2018.

ALBUQUERQUE, A. S. Capítulo 4. In: BAUER, L. A.F (Coordenador). **Materiais de Construção I**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Ed., 1987.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2002.

ANGELIM R. R.; ANGELIM S. C. M.; CARASEK, H. **Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos nas propriedades das argamassas e dos revestimentos**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo: ANTAC, 2003.

ANGELIM, R. R.; ANGELIM S. C. M; CARASEK, H. **Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa**. In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2003.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília** – Sistematização da Incidência de Casos. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2010.

ANTUNES, R. P. do N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ARAÚJO, G. S. **Estudos de parâmetros texturais das areias para argamassas de revestimento através da análise de imagens**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória- ES, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Guia Básico de Utilização do Cimento Portland. 7.ed. São Paulo, 2002.

_____. Manual de Revestimentos de Argamassa. Disponível em:
<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>
Acesso em: 05 de fev. 2019.

AUSTIN S. A.; ROBINS, P. J.; GOODIER, C. I. **Construction and repair with wet-process sprayed concrete and mortar**. Technical Report, Concrete Society, Crowthorne, UK, 44 p. 2002.

AZEREDO, H. A. **O Edifício e seu acabamento**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 192p.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo- SP, 2001.

BAUER, E. (Org.). **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília, DF: SINDUSCON, 2005.

BECKER, F. A.; ANDRADE, J. J. de O. **Avaliação da influência do substrato de concreto na resistência de aderência à tração de diferentes tipos de chapisco**. In: Revista Matéria, v. 22, n. 04. Rio de Janeiro, 2017.

CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1998.

CARASEK, H. **Materiais de Construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo, IBRACON, 2010.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. B. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Brasília: ANTAC, 2001.

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

CARVALHO JR., A. N. de; **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico**. Tese de Doutorado

em Engenharia Metalúrgica e de Minas. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2005.

CARVALHO JR., A. N.; SILVA, A. P.; NETO, F.M. **Perícias em patologias de revestimentos de fachadas**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias (X COBREAP). Porto Alegre: IBAPE, 1999.

CAVACO, L.; VEIGA, M. R.; GOMES, A. **Render application techniques for ancient buildings**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BUILDING PATHOLOGY, DURABILITY AND REHABILITATION, LNEC/CIB. Lisboa, 2003.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. In: Recomendações Técnicas Habitar, v. 1. Porto Alegre: ANTAC, 2005.

CINCOTTO, M. A. **Patologias das argamassas de revestimentos: análise e recomendações**. In: VÁRIOS. Tecnologia das Edificações (Publicação IPT 1801). 2.ed. São Paulo: Editora Pini, 1989.

COSTA, E. B. C.; CARDOSO, F. A.; JOHN, V.M. **Efeito do teor e da dispersão de fino calcário na aderência substrato-matriz cimentícia**. In: Ambiente Construído, v. 16, n. 2. Porto Alegre, 2016.

COSTA e SILVA, A. J. da.; MOTA, J. M. de F.; BARBOSA, F. R. **Avaliação da influência da altura na resistência de aderência de argamassas de revestimento aplicadas por projeção mecânica**. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza – CE, 2013.

COUTINHO, A. S. **Fabrico e propriedades do betão**. Vol. 1.ed. LNEC. Cap. 4, p.311-67. Lisboa: LNEC. 1997.

CRUZ, R. J. P. **Estudo da aderência do revestimento de argamassa executado com chapisco lançado e rolado sobre substrato de bloco cerâmico e de concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

CUNHA, G. C. **A importância do setor de construção civil para o desenvolvimento da economia brasileira e as alternativas complementares para o funding do crédito imobiliário no brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

DIÓGENES, A. G. **Estudo do comportamento de argamassas de revestimento com areia de britagem da região metropolitana de Fortaleza**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza, 2016.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação da influência do choque térmico na aderência dos revestimentos de argamassa.** Tese de Doutorado em Engenharia da Construção Civil. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO DISTRITO FEDERAL – FIBRA. Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <<https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FIGUEROLA, V. **Revestimento de argamassa: a execução de um bom revestimento de argamassa exige cuidados.** 2004. Disponível em: <<http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/8/artigo361691.asp>>. Acesso em: 09 de dez. 2018.

FIORITO, A. J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2009.

GASPERIN, J. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BRRS, 2011.

GOMES, A. de O. **Propriedades das argamassas de revestimento de fachadas.** Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008.

GONÇALVES, S. R. de C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – Estudo de caso.** Dissertação de Mestrado em Estrutura e Construção Civil. Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

GONÇALVES, A. I.; AZAMBUJA, M. dos A. **Argamassas de revestimento: índice de aderência às superfícies.** In: Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 04, n. 27. São Paulo, 2016.

GONÇALVES, S. R. de C.; BAUER, E. **Estudo de caso da variação da resistência de aderência à tração em uma parede.** In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Florianópolis, 2005.

GROSSI, M. V. F. **Aderência de revestimento em argamassa cimentícia: influência do substrato nas resistências de aderência dos revestimentos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2014.

KAZMIERCZAK, C. de S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. **Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa.** In: Revista Estudos Tecnológicos, v. 3, n. 1. São Leopoldo- RS, 2007.

LEAL, F. E. C. B. **Estudo do desempenho do chapisco como procedimento de preparação de base em sistemas de revestimento.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília. Brasília- DF, 2003.

LOPES, R.; NETTO, R. M. **Desempenho e avaliação de desempenho de sistemas construtivos.** Artigo Técnico. São Paulo, 2014.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substrato de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre- RS, 2007.

NAKAKURA, E. H; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento.** Boletim Técnico BT/PCC/359, EPUSP. São Paulo, 2004.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Influência a estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Florianópolis – SC, 2005.

PAES, I. N. L. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2004.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2007.

POSSAN, E.; GAVA, G. P.; COURI PETRAUSKI, S. M. F. **Estudo comparativo do desempenho de argamassas de revestimento produzidas em obra e industrializadas em diferentes substratos.** In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu – PR, 2002.

PRUDÊNCIO JR., L. R. **Materiais de Construção Civil I. Apostila de Materiais de Construção.** Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

SABBATINI, F. H.; MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos.** São Paulo, 1998.

SANTOS, C. C. N. **Crériterios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construo Civil. Universidade de Brasília. Brasília- DF, 2003.

SCARTEZINI, L. M. B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evoluo ao longo do tempo, influência da cura e avaliao da perda de água da argamassa fresca.** Dissertao de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Goi. Goiânia, 2002.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência  traço dos revestimentos de argamassa.** In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2003.

SCARTEZINI, L. M. *et al.* **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade  água dos revestimentos de argamassa.** In: Ambiente Construído, v. 2, n. 2. ANTAC. Porto Alegre, 2002.

SCUSSEL, H. Z.; ANTUNES, E. G. P. **Avaliao da resistência de aderência de revestimentos argamassados projetados manualmente e mecanicamente - Estudo de caso.** Universidade do Extremo Sul Catarinense. Cricma, 2017.

SENTENA, J. A. A.; KAZMIERCZAK, C. de S.; KREIN, L. A. **Degradao de revestimentos de argamassa com finos de resíduos de concreto por ciclos térmicos.** In: Ambiente Construído, v. 18, n. 1. Porto Alegre, 2018.

SILVA, N. G. da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Dissertao de Mestrado em Construo Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

SILVA, V. S.; GOMES, A. de O.; SANTOS, S. A. **Influência do processo de cura no desempenho das argamassas de chapisco.** In: VIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Curitiba – PR, 2009.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do concreto fresco.** In: BAUER, L. A. F (coordenador). *Materiais de Construo*. 5. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico. 1994.

SOUZA, R. *et al.* **Qualidade na aquisio de materiais e execuo de obras.** 1ed. São Paulo: Editora Pini, 1996.

TAUBE, C. R.; GAVA, G. P.; COURI PETRAUSKI, S. M. F. **Avaliao das propriedades de uma argamassa de revestimento industrializada em comparao a uma argamassa produzida em obra.** In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2003.

TEMP, A. L *et al.* **Avaliao de revestimento de argamassas  permeabilidade e a aderência  traço.** In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza – CE, 2013.

THOMAZ, É. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

TIGGEMANN, T. G.; LONGHI, M. A. **Argamassas industrializadas para revestimento utilizadas na cidade de Lajeado/ RS: Comportamento em diferentes substratos**. In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2017.

TOZZI, A. R.; CURI, C. E.; GALLEGRO, R. F. T. **Sistemas construtivos nos empreendimentos imobiliários**. Curitiba: IESDE BRASIL AS, 2009.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

VEIGA, M. R. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes – contribuição para estudo da sua resistência à fendilhação**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, 1997.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini, 2009.

ZANELATTO *et al.* **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento de revestimento de argamassa aplicado com projeção mecânica contínua**. In: Ambiente Construído, v. 13, n. 2, p. 87-109. Porto Alegre, 2013.

APÊNDICE A – FATORES INFLUENTES ANALISADOS EM CADA PUBLICAÇÃO

Título	Autor	Ano	Fonte	Fatores Analisados							
				Substrato		Argamassa		Execução		Condições Climáticas	
				Tipo	Preparo	Tipo	Composição	Tipo	Ergonomia/Altura Lanç.	Temperatura	Vento
Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa	SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H.	2003	SBTA	X	X						
Influência do processo de cura no desempenho das argamassas de chapisco	SILVA, V. S.; GOMES, A. de O.; SANTOS, S. A.	2009	SBTA		X						
Argamassas de revestimento: índice de aderência às superfícies	GONÇALVES, A. I.; AZAMBUJA, M. dos A.	2016	Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades				X				
Avaliação da influência do substrato de concreto na resistência de aderência à tração de diferentes tipos de chapisco	BECKER, F. A.; ANDRADE, J. J. de O.	2017	SciELO		X						
Efeito do teor e da dispersão de fino calcário na aderência substrato-matriz cimentícia	COSTA, E. B. C.; CARDOSO, F. A.; JOHN, V.M.	2016	SciELO				X				
Degradação de revestimentos de argamassa com finos de resíduos de concreto por ciclos térmicos	SENTENA, J. A. A.; KAZMIERCZAK, C. de S.; KREIN, L. A.	2018	SciELO				X			X	
Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa	KAZMIERCZAK, C. de S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D.	2007	Revista Estudos Tecnológicos	X	X						
Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa	SCARTEZINI, L. M. <i>et al.</i>	2002	ANTAC		X						

Título	Autor	Ano	Fonte	Fatores Analisados							
				Substrato		Argamassa		Execução		Condições Climáticas	
				Tipo	Preparo	Tipo	Composição	Tipo	Ergonomia/Altura Lanç.	Temperatura	Vento
Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre	DUBAJ, E.	2000	UFRGS				X				
Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa	PRETTO, M. E. J.	2007	UFRGS		X						
Avaliação de revestimento de argamassas à permeabilidade e a aderência à tração	TEMP, A. L. <i>et al.</i>	2013	SBTA	X	X	X					
Estudo comparativo do desempenho de argamassas de revestimento produzidas em obra e industrializadas em diferentes substratos	POSSAN,E.; GAVA, G. P.; COURI PETRAUSKI, S. M. F.	2002	ANTAC	X	X	X					
Estudo da aderência do revestimento de argamassa executado com chapisco lançado e rolado sobre substrato de bloco cerâmico e de concreto	CRUZ, R. J. P.	2015	UTFPR	X	X						
Avaliação da influência da altura na resistência de aderência de argamassas de revestimento aplicadas por projeção mecânica	COSTA e SILVA, A. J. da.; MOTA. J. M. de F.; BARBOSA, F. R.	2013	SBTA					X	X		
Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa	CANDIA, M. C.; FRANCO, L. S.	1998	USP	X	X		X				

Título	Autor	Ano	Fonte	Fatores Analisados							
				Substrato		Argamassa		Execução		Condições Climáticas	
				Tipo	Preparo	Tipo	Composição	Tipo	Ergonomia/Altura Lanç.	Temperatura	Vento
Argamassas industrializadas para revestimento utilizadas na cidade de Lajeado/ RS: Comportamento em diferentes substratos	TIGGEMANN, T. G.; LONGHI, M. A.	2017	SBTA	X							
Estudo do comportamento de argamassas de revestimento com areia de britagem da região metropolitana de Fortaleza	DIÓGENES, A. G.	2016	UFC				X				
Avaliação da resistência de aderência de revestimentos argamassados projetados manualmente e mecanicamente - Estudo de caso	SCUSSEL, H. Z.; ANTUNES, E. G. P.	2017	UNESC	X				X	X		
Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento	ALVES, N. J. D.	2002	UNB				X				
Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa	ANTUNES, R. P. do N.	2005	USP				X		X		
Avaliação das propriedades de uma argamassa de revestimento industrializada em comparação a uma argamassa produzida em obra	TAUBE, C. R.; GAVA, G. P.; COURI PETRAUSKI, S. M. F.	2003	SBTA	X		X					
Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa	ANGELIM, R. R.; ANGELIM S. C. M; CARASEK, H.	2003	SBTA				X				
Estudo de caso da variação da resistência de aderência à tração em uma parede	GONÇALVES, S. R. de C.; BAUER, E.	2005	SBTA						X		

Título	Autor	Ano	Fonte	Fatores Analisados							
				Substrato		Argamassa		Execução		Condições Climáticas	
				Tipo	Preparo	Tipo	Composição	Tipo	Ergonomia/Altura Lanç.	Temperatura	Vento
Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco	MOURA, C. B.	2007	UFRGS		X	X				X	X
Estudo do desempenho do chapisco como procedimento de preparação de base em sistemas de revestimento	LEAL, F. E. C. B.	2003	UNB	X	X						