

## **Monografia**

### **“AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA SOBRE SUPERFÍCIES DE CONCRETO ”**

Autor: Bruno Bessa Lopes

Orientador: Prof. Dr. Antonio Neves de Carvalho Junior.

Dezembro / 2013

BRUNO BESSA LOPES

**"AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE  
ARGAMASSA SOBRE SUPERFÍCIES DE CONCRETO "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia da UFMG

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Antonio Neves de Carvalho Junior

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

## **AGRADECIMENTOS**

**Agradeço primeiramente a Deus por sempre iluminar-me nas minhas caminhadas.**

**Agradeço aos meus pais pela chama eterna do exemplo dado e por sempre me motivarem a trilhar pelo caminho do bem.**

**Agradeço a minha esposa, exemplo único de dedicação e amor incondicional.**

**Agradeço aos meus filhos queridos, fonte de motivação, inspiração e alegria.**

**Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Neves de Carvalho Júnior pelo apoio.**

**Muito obrigado a todos.**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>08</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>09</b>
<b>3.1 Revestimento de argamassa.....</b>	<b>09</b>
<b>3.1.1 Estruturas dos revestimentos.....</b>	<b>09</b>
<b>3.1.1.2 Bases de aplicação.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1.3 Chapisco.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1.4 Emboço.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.1.5 Reboco.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Cronograma das atividades.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Classificação das argamassas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3.1 Principais características das argamassas.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1.1 Argamassas de cal.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1.2 Argamassas de cimento.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1.3 Argamassas de cal e cimento.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Propriedades das argamassas.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.1 Propriedades das argamassas no estado fresco.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4.1.1 Massa específica e teor de ar incorporado.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4.1.2 Trabalhabilidade.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.1.3 Retenção de água.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.1.4 Aderência inicial.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.1.5 Retração.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.2 Propriedades das argamassas no estado endurecido.....</b>	<b>28</b>

3.4.2.1 Aderência.....	28
3.4.2.2 Capacidade de absorver deformações.....	29
3.4.2.3 Resistência mecânica.....	31
3.4.2.4 Permeabilidade.....	31
3.4.2.5 Durabilidade.....	32
3.5 Componentes das argamassas de revestimento.....	33
3.5.1 Aglomerantes.....	33
3.5.1.1 Cimento Portland.....	33
3.5.1.2 Cal.....	39
3.5.1.3 Agregados.....	42
3.5.1.4 Água de amassamento.....	47
3.5.1.5 Adições.....	49
3.5.1.6 Aditivos.....	49
3.6 Bases de concreto de cimento Portland.....	51
3.6.1.1 Caracterização das bases e interação com os revestimentos.....	52
3.6.1.2 Cuidados preliminares e preparação da base.....	55
3.6.1.3 Aderência argamassa-base.....	61
3.6.1.3.1 Aderência mecânica.....	61
3.6.1.3.2 Aderência química.....	62
3.6.2 Influência dos aditivos poliméricos nas argamassas de revestimento...63	
3.7 Resistência de aderência à tração.....	67
4. CONCLUSÕES.....	74
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

## **RESUMO**

A aderência é uma das propriedades mais relevantes em um sistema de revestimento de argamassa. A mesma pode se dar de forma mecânica ou química. O preparo da base exerce grande influência nesta propriedade, bem como a correta especificação das técnicas executivas e dos materiais constituintes deste sistema. Nesta monografia, avaliou-se estes quesitos no sistema de revestimento de base em concreto.

## 1. INTRODUÇÃO

As transformações ocorridas no setor econômico e social, no país, nos últimos anos, face aos desdobramentos da economia mundial, geraram, sobretudo no setor da Construção Civil, uma busca incessante por maior competitividade. As empresas do setor investiram na redução dos custos de produção, qualificação da mão-de-obra e aumento sistemático da produtividade em seus canteiros de obra. Estas ações visaram garantir a qualidade do produto final em um ambiente corporativo cada vez mais competitivo.

Neste contexto, no caso específico de obras de construção civil, é de se esperar que o desempenho de uma parte da etapa da obra possa diretamente refletir no desempenho da obra como um todo.

Sendo assim, os revestimentos constituem etapa extremamente importante, pois estão diretamente relacionados à garantia da qualidade da obra pelo aspecto de conferirem estabilidade e durabilidade adicionais às estruturas, isolamento termo-acústico, além, é claro, do aspecto estético que podem oferecer quando da utilização dos mais diversos tipos de acabamentos a serem especificados e adotados.

Problemas relativos à falha nos revestimentos existem a nível mundial, conforme Candia e Franco (1998), Murray (1983) relata que, nos últimos anos, 31% do total de casos atendidos pelo Building Research Establishment–Scottish Laboratory, estavam relacionados à falha de aderência na interface argamassa/substrato.

## **2. OBJETIVOS**

Neste presente estudo, pretende-se verificar a influência da base em concreto armado, tipo de argamassa utilizada para conferir a ponte de aderência e do tipo de preparo da base nas características superficiais dos substratos: rugosidade superficial, índice de absorção inicial (IRA), perda de água de amassamento pelo substrato, tempo de sarrafeamento e a influência destas características na avaliação da resistência de aderência.

Pretende-se, também, qualificar, conforme combinações argamassas/tipos de preparo de base, a influência na propriedade da resistência de aderência ao substrato.



### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Revestimento de Argamassa**

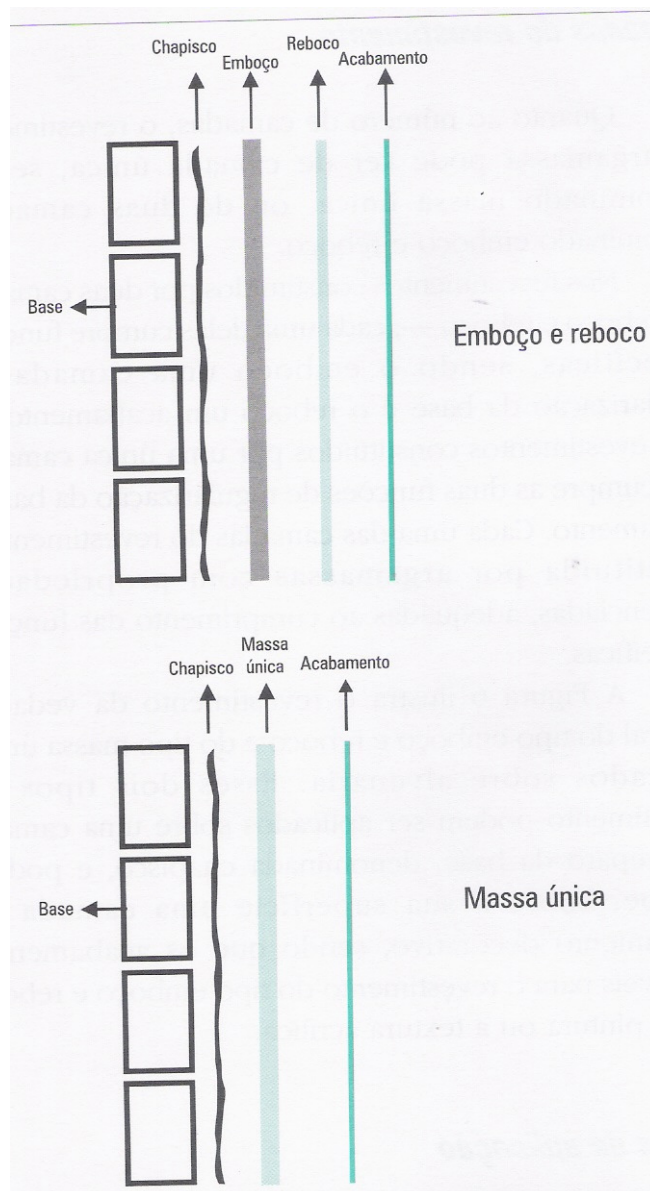
O revestimento de argamassa é primordial no aspecto relativo ao desempenho global dos edifícios e constitui parte integrante do sistema de vedação, caracterizando-se como um conjunto de elementos, justapostos entre si, que devem garantir e fornecer proteção direta à ação de agentes agressivos, conferir proteção termo acústica, estanqueidade à penetração de água e gases, conferir base adequada para receber outros tipos de revestimentos decorativos contribuindo para fins estéticos.

Conforme a NBR 7200 (ABNT, 1998), a argamassa inorgânica constitui-se como uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s)s, aglomerante(s) inorgânico(s) e água, podendo ou não conter aditivos ou adições, desenvolvendo propriedades de aderência e endurecimento. As argamassas comumente utilizadas em obra são compostas de areia natural lavada, e os aglomerantes são o cimento Portland e a cal hidratada.

##### **3.1.1 Estrutura dos Revestimentos**

No que se refere à quantidade de camadas, o revestimento de argamassa inorgânica pode constituir-se em camada única como o reboco ou “massa paulista”, ou em duas camadas: emboço e reboco. A Figura 1 mostra a estrutura dos revestimentos de argamassa inorgânica.

**Figura 1 – Camadas do revestimento de argamassa de vedação vertical (Baía e Sabbatini, 2000)**



Nos revestimentos constituídos por duas camadas, o emboço confere regularização do substrato e o reboco acabamento. Em revestimentos de apenas uma camada, a mesma desempenha as duas funções : regularização da base e acabamento. Cada camada possui propriedades diferenciadas conforme a função específica que irá cumprir no desempenho do revestimento.

Esses dois tipos de revestimentos podem ser diretamente aplicados sobre uma camada de preparo da base que se denomina chapisco, ou também podem receber

sobre os mesmos uma camada final de revestimento decorativo como pintura ou textura acrílica.

### **3.1.1.2 Bases de aplicação**

Descrevemos usualmente as bases de aplicação como a estrutura de concreto e alvenaria de vedação que pode ser de tijolos cerâmicos ou blocos de concreto. Podem ser encontrados também os blocos de concreto celular e o sílico-calcário. Cada um destes elementos usados como substrato possuem características próprias e que podem influenciar diretamente no comportamento do revestimento como um todo.

### **3.1.1.3 Chapisco**

Além dos dois tipos de revestimentos já mencionados, ressalta-se a importância da camada de preparo da base denominada chapisco. A mesma constitui etapa extremamente importante do revestimento, pois se trata da ponte de aderência entre a base de aplicação e o revestimento propriamente dito.

O chapisco deve ser sempre aplicado principalmente nas fachadas e superfícies de concreto, conforme especificações de projeto.

Torna-se indispensável sua aplicação nas superfícies de estruturas de concreto, pois o mesmo cumpre a função de regularizar a absorção da base, aumentar a rugosidade superficial e potencializar a propriedade da aderência.

Existem diferentes tipos de chapisco, Maciel, Barros e Sabbatini (1998) descrevem as seguintes características dos chapiscos :

- chapisco tradicional – argamassa de cimento, areia e água que convenientemente dosada resulta em uma película rugosa, aderente e resistente. Apresenta um elevado

índice de desperdício, em razão da reflexão do material;

- chapisco industrializado – argamassa semelhante à argamassa colante, sendo, portanto, necessária a adição de água no momento da mistura. A aplicação é realizada com o uso da desempenadeira metálica dentada somente sobre superfícies de concreto. Apresenta elevada produtividade e rendimento;

- chapisco rolado – argamassa bastante plástica obtida através de mistura de cimento, areia, água e adição de resina acrílica. A aplicação é realizada com rolo para textura acrílica sobre superfícies de alvenaria e concreto. Argamassa bastante plástica e que apresenta elevada produtividade e um maior rendimento do material, entretanto, demanda controle rigoroso da produção da argamassa e da sua aplicação sobre a base.

A argamassa de chapisco aplicada sobre a base deve ser “fechada, porém, não espessa”. Em outras palavras, deve-se cobrir a base sem escondê-la totalmente. Segundo Yazigi (2006), recomenda-se que a argamassa de chapisco tenha uma espessura de no máximo 5 (cinco) mm.

Em locais onde a base de aplicação do revestimento encontra-se sujeita à alta incidência solar ou baixa umidade relativa do ar, recomenda-se que o chapisco seja submetido ao processo de cura. Em linhas gerais, como na constituição do traço do chapisco não existe nenhum tipo de aditivo retentor de água, caso o processo de cura não seja executado, o processo de hidratação do cimento da argamassa poderá ser comprometido. A NBR 7200 (ABNT, 1998), preconiza que em situações adversas, conforme descrito acima se deve lançar mão de processos que visam manter a umidade da superfície do chapisco por no mínimo 12 h após sua aplicação.

Normalmente, para a aplicação do chapisco convencional, usa-se uma mistura de cimento e areia sendo aditivado ou não na proporção em volume de 1:3.

Segundo, também, a NBR 7200 (ABNT, 1998), a argamassa de chapisco convencional deve ser aplicada com consistência fluida, assegurando maior facilidade de penetração da pasta de cimento na base a ser revestida e melhorando a aderência na interface revestimento-base.

Havendo excesso de aditivo a aderência à base é otimizada, entretanto, a aderência às camadas posteriores pode ficar comprometida. Alternativa extremamente interessante é a utilização do chapisco industrializado, por exemplo, o chapisco colante, principalmente sobre superfícies de concreto, neste caso a retenção de água é maior.

Antes de ser aplicado sobre superfícies de concreto, devemos nos ater a alguns procedimentos prévios visando a preparação da base para receber a camada de chapisco.

A NBR 7200 (ABNT, 1998), preconiza que após a desforma da estrutura, a mesma deverá ser limpa com escova ou disco de fios de aço para a retirada da poeira, películas e resíduos que porventura existam. Após a limpeza, deve-se lavar a superfície da estrutura com água em abundância através de jato de água e aguardar o período de cura do concreto que normalmente é de 28 dias. Posteriormente, para a aplicação do chapisco, a base deve estar firme e absolutamente limpa, sem pó, óleo e/ou graxas, tinta ou qualquer outro material que impeça sua aderência.

#### **3.1.1.4 Emboço**

Carasek (2007) define este revestimento como a camada com a finalidade de cobrir e

regularizar a base, propiciando uma superfície que possa receber outra camada de reboco ou o próprio revestimento decorativo. Recomenda-se que seja executado somente após a completa solidificação das argamassas das alvenarias e do chapisco.

De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 1996), o emboço pode ser executado conforme três tipos de acabamento:

- sarrafeado, quando recebe posteriormente a camada de reboco;
- desempenado ou sarrafeado, quando recebe posteriormente revestimento decorativo cerâmico;
- desempenado, camurçado ou chapiscado, no caso do próprio emboço ser camada única.

A presença de fissuras macroscópicas no emboço que servirá de base a outros revestimentos deve ser evitada. As mesmas, em conjunto com falhas no revestimento, podem permitir a penetração de água e posterior deterioração do revestimento.

### **3.1.1.5 Reboco ou Massa Única**

O reboco é o revestimento de argamassa aplicado diretamente sobre o substrato ou sobre a camada de emboço.

Também, conforme a NBR 7200 (ABNT, 1996), a camada de reboco pode ser executada com os diferentes tipos de acabamento: desempenado, camurçado, raspado, chapiscado, lavado ou tratado com produtos químicos e imitação travertino.

O reboco confere textura superficial final aos revestimentos, portanto, não deve apresentar fissuras, sobretudo em aplicações externas, para tal, faz-se necessário

que tenha baixo módulo de deformação.

Mesmo que haja pequenas fissuras no revestimento externo, fica identificado um ponto crítico, pois caso ocorra um ciclo permanente de expansão e retração termo-higroscópica da vedação, as fissuras se abrirão comprometendo a durabilidade dos sistemas de revestimentos.

### **3.2 Cronogramas de execução dos revestimentos**

Conforme NBR 7200 (ABNT, 1998), para as argamassas dosadas e preparadas em obra, às bases de revestimento devem ter as seguintes idade mínimas:

- 28 dias de idade para as estruturas de concreto e alvenarias armadas estruturais;
- 14 dias de idade para alvenarias não armadas estruturais e alvenarias sem função estrutural de tijolos, blocos cerâmicos, blocos de concreto celular, admitindo-se que os blocos de concreto tenham sido curados durante pelo menos 28 dias antes de sua utilização;
- três dias de idade do chapisco para aplicação do emboço ou reboco; para climas quentes e secos, com temperatura acima de 30 °C, este prazo pode ser reduzido para dois dias;
- 21 dias de idade para o emboço de argamassa de cal, para início dos serviços de reboco;
- sete dias de idade do emboço de argamassas mistas ou hidráulicas, para início dos serviços de reboco;
- 21 dias de idade do revestimento de reboco ou camada única, para execução de

acabamento decorativo.

Para revestimentos com argamassas industrializadas ou dosadas em central, a NBR 7200 (ABNT, 1998) estabelece que os prazos acima podem sofrer alteração desde que haja instrução específica do fornecedor e comprovação através de ensaios em laboratório credenciado pelo INMETRO.

Ressalta-se, ainda, que quando a argamassa de emboço for aplicada em mais de uma demão, deve-se atentar para o prazo de 24h entre as demãos.

### 3.3 Classificações das argamassas

A denominação das argamassas é em função do tipo de aglomerante utilizado, sendo assim, podemos ter argamassas de cal, de cimento ou mista (cal e cimento). O tipo de aglomerante utilizado ou a mistura de tipos distintos dos mesmos varia conforme sua destinação. A NBR 13281 (ABNT, 2001), classifica as argamassas industrializadas conforme a Tabela 1, porém, não traz nenhum tipo de especificação ou propriedades para as argamassas de chapisco.

**Tabela 1 – Classificação das argamassas (ABNT, 2001)**

Características	Identificação <sup>(A)</sup>	Limites
Resistência à compressão Aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4$
	II	$\geq 4$ e $\leq 8$
	III	$> 8$
Capacidade de retenção de água ( % )	Normal	$\geq 80$ e $\leq 90$
	Alta	$> 90$
Teor de ar incorporado (%)	A	$< 8$
	B	$\geq 8$ e $\leq 18$
	C	$> 18$



### **3.3.1 Principais características das argamassas**

#### **3.3.1.1 Argamassas de cal**

São compostas de cal e areia e desenvolvem de forma lenta e gradativa suas propriedades mecânicas como, por exemplo, a resistência à compressão. Normalmente, as argamassas de cal são indicadas para serviços que exigem trabalhabilidade, plasticidade e elasticidade.

#### **3.3.1.2 Argamassas de cimento**

Esse tipo de argamassa difere de todas as outras pelo fato de apresentarem elevadas resistências iniciais e finais. Uma característica que exige especial atenção neste tipo de argamassa reside no fato de que quando pobres em cimento apresentam muito pouca trabalhabilidade, porém, quando ricas em cimento, podem apresentar retrações indesejáveis.

Normalmente indicadas em situações de aplicação que exigem condições de aderência, impermeabilidade, resistência mecânica, durabilidade e adesividade. Caso se necessite, pode-se conferir maior trabalhabilidade adicionando-se aditivos químicos plastificantes.

#### **3.3.1.3 Argamassas mistas de cal e cimento**

Em geral, apresentam características das argamassas simples feitas tanto com cimento, tanto com cal. No que se refere a desempenho, apresentam bom comportamento nos quesitos de resistência mecânica, aderência no estado endurecido, durabilidade, trabalhabilidade adequada e menor custo final.

Dentro do critério de classificação, segundo Fiorito (2003), Caricchio (1955) classifica

as argamassas baseando-se no nível de ocupação de vazios oferecidos pela areia na mistura, conforme descrito no Quadro 1 a seguir.

**Quadro 1 – Classificação das argamassas conforme ocupação dos vazios da pasta (Fiorito, 2003)**

<b>Argamassa</b>	<b>Cimento : Areia</b>	<b>Cal Hidratada: Areia</b>	<b>Cimento: Cal Hidratada : Areia</b>
Rica $V_{pasta} > V_{vazios}$	1:2	1:1,5	1:3:7
Cheia $V_{pasta} = V_{vazios}$	1:2,5	1:2	1:3:8
Pobre $V_{pasta} < V_{vazios}$	1:3	1:2,5	1:3:9

Na literatura técnica e geral a respeito de argamassas, existe uma quantidade muito grande de traços geralmente transmitidos pela tradição, todavia, ainda não há Normas Técnicas Brasileiras específicas de argamassa que nos indique ou oriente a respeito do tema. No exterior, por exemplo, segundo Fiorito (2003), destaca-se a Norma Técnica C 270-82 da ASTM-American Society for Testing and Materials, conforme o Quadro 2 mostrado a seguir:

**Quadro 2 – Guia para seleção de argamassas (Fiorito, 2003)**

Posição da alvenaria	Função	Tipo de argamassa	
		Recomendada	Alternativa
Exterior, de elevação	• Portante	N	S ou M
	• Não portante	O (2)	N ou S
	• Parapeitos	N	S
Exterior, no nível ou abaixo do nível do solo	Fundações	S (3)	M ou N (3)
	Muro de arrimo		
	Poços-Galerias		
	Calçamentos Passeios-Pátios		
Interior	• Portante	N	S ou M
	• Não portante	O	S ou N

O Quadro 2 acima serve de referência para a escolha do tipo de argamassa a ser utilizada baseado na finalidade e principalmente o uso. A escolha do tipo de argamassa poderá basear-se, também, no tipo de elemento a ser assentado ou, ainda, conforme as solicitações a que a peça poderá está sendo submetida. Desta forma, uma base com alto grau de absorção inicial deverá ser compatível com uma argamassa com alta retenção de água, por exemplo.

Na Tabela 2, encontramos alguns traços para argamassas tendo como referência a ASTM-C270-82, de acordo com Fiorito (2003).

**Tabela 2- Proporções especificadas (Fiorito, 2003)**

Argamassa de:	Tipo	Aglomerantes Proporções em volume			Agregados medido úmido e solto (1)
		Cimento Portland	Cimento de alvenaria	Cal hidratada ou pasta de cal	
Cimento/cal	M	1	-	1/4	2,81 a 3,75
	S	1	-	1/4a 1/2	de (2,81 a 3,75) até (3,38 a 4,50)
	N	1	-	1/2 a 1 1/4	de (3,38 a 4,50) até (5,06 a 6,75)
	O	1	-	1 1/4 a 2 1/2	de (5,06 a 6,75) até (7,88 a 10,50)
Cimento de alvenaria	M	1	1	-	4,50 a 6,00
	S	1/2	1	-	3,38 a 4,50
	N	-	1	-	2,25 a 3,00
	O	-	1	-	2,25 a 3,00

(1) O agregado medido úmido e solto não deve ter volume menor do que 2,25 vezes nem maior do que três vezes a soma, em separado, dos volumes dos aglomerantes.

As argamassas de cimento têm maior resistência mecânica, porém, possuem menor trabalhabilidade. Desta forma, adiciona-se cal no sentido de torná-las mais plásticas e facilitar o processo final de acabamento.

Conforme Baía e Sabbatini (2000), a produção da argamassa significa, pois, a mistura ordenada dos seus constituintes, nas proporções pré-estabelecidas e em um determinado período de tempo, utilizando-se equipamentos específicos para tal. Com relação à forma de produção, podemos ter as argamassas preparadas em obra, as argamassas industrializadas (ensacadas ou fornecidas e silos), a mistura semipronta e a dosada em central. A Tabela 3 nos mostra as atividades e equipamentos para a produção das argamassas.

**Tabela 3 – Atividades e equipamentos de produção das argamassas (Baía e Sabbatini, 2000)**

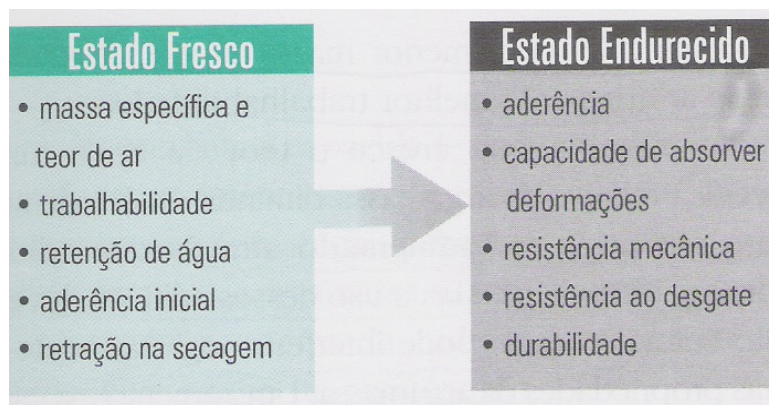
ARGAMASSA	ATIVIDADES	EQUIPAMENTOS
Preparada em obra	Medição, em massa ou em volume, das quantidades de todos os materiais constituintes; transporte desses materiais até o equipamento de mistura; colocação dos materiais no equipamento; mistura.	Equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira); recipientes 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 da água.	Argamassadeira e os recipientes para a colocação da água.
Industrializada (fornecida em silos - materiais em estado seco e homogêneo)	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.

### 3.4 Propriedades das Argamassas

Segundo Baía e Sabbatini (2000), visando cumprir adequadamente sua função, os revestimentos de argamassa precisam apresentar propriedades específicas tanto no estado fresco como no estado endurecido. A compreensão e o estudo destas referidas propriedades como também os fatores que influenciam sua obtenção possibilitam-nos prever o comportamento do revestimento nas mais variadas situações de uso. As propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido,

conforme estudos publicados por Cincotto (1995) e Sabbatini (1998), são descritas a seguir nos itens 3.4.1 e 3.4.2. A Figura 2 apresenta suas principais propriedades.

**Figura 2 – Propriedades das argamassas (Baía e Sabbatini, 2000)**



### **3.4.1 Propriedades da argamassa no estado fresco**

#### **3.4.1.1 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado**

A massa específica refere-se à relação entre a massa do material e o seu volume podendo ser absoluta ou relativa. Quando da determinação da absoluta, não são considerados os vazios existentes no volume do material em questão, entretanto, na relativa ou unitária, os vazios existentes são considerados.

Esta propriedade é extremamente importante para a dosagem das argamassas na conversão do traço em massa para volume, medida usualmente realizada nos canteiros de obras.

O teor de ar refere-se à quantidade de ar presente em determinado volume de argamassa.

Estas duas propriedades interferem diretamente em outras propriedades da

argamassa no seu estado fresco. Uma determinada argamassa com menor massa específica e maior teor de ar possui melhor trabalhabilidade. Quanto maior o teor de ar incorporado menor sua massa específica. Pode-se aumentar o teor de ar com a utilização de aditivos incorporadores de ar, contudo, o uso destes aditivos deve ser feito com muita cautela, pois podem interferir de forma negativa em outras propriedades. Um acréscimo demasiado de ar incorporado pode trazer conseqüências negativas na resistência mecânica e aderência.

#### **3.4.1.2 Trabalhabilidade**

De caráter qualitativo, considera-se que uma argamassa é trabalhável quando:

- deixa penetrar-se pela colher de pedreiro sem, contudo, ser fluida;
- mantém sua coesão quando transportada sem, contudo, aderir à colher ao ser lançada;
- facilmente distribui-se e preenche todas as reentrâncias da base de aplicação;
- não endurece rapidamente ao ser aplicada.

Destaca-se que a presença da cal e de aditivos incorporadores de ar otimizam esta propriedade, porém, até determinado ponto.

#### **3.4.1.3 Retenção de água**

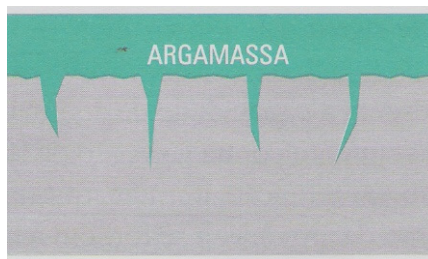
É a capacidade de reter água de amassamento em detrimento do processo físico de sucção da base de aplicação ou evaporação. Esta propriedade traduz-se em ganho de resistência mecânica, na medida em que possibilita que as reações do processo de endurecimento da argamassa ocorram de forma mais gradual, permitindo a adequada

hidratação do cimento. Na contramão, a rápida perda de água compromete a resistência, aderência e a capacidade de absorver deformações, assim, a durabilidade e estanqueidade do sistema de revestimento ficam comprometidas. Como na trabalhabilidade, a presença de cal e de aditivos incorporadores podem melhorar esta propriedade.

#### **3.4.1.4 Aderência inicial**

Diretamente relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas através do processo da “ancoragem” da argamassa na base. Isto se deve à penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências existentes e endurecimento gradual da mesma, conforme demonstrado abaixo pela Figura 3.

**Figura 3 – Mecanismo de aderência da argamassa (Baía e Sabbatini, 2000)**



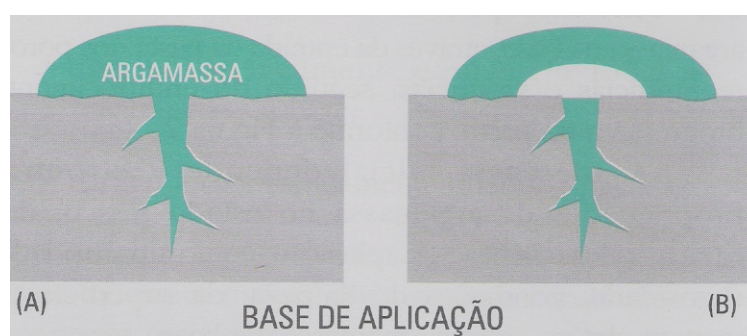
A aderência depende também de outras propriedades no estado fresco, e, sobretudo, das características da base de aplicação : porosidade, rugosidade, limpeza e superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base.

Para a obtenção de aderência adequada, conforme a Figura 4A, a argamassa deve possuir propriedades de trabalhabilidade e retenção de água devidamente ajustadas à sucção da base em que será aplicada, às condições de exposição da mesma e a base deve estar limpa, ter rugosidade adequada e isenta de óleos e/ou graxas.



Quando, por exemplo, a sucção da base é maior do que a retenção de água de amassamento da argamassa, pode ocorrer a perda da aderência pela descontinuidade da camada de argamassa pela migração rápida da pasta nos poros da base. A Figura 4B a seguir retrata este fato.

**Figura 4 – Perda de aderência por descontinuidade da argamassa (Baía e Sabbatini, 2000)**



#### **3.4.1.5 Retração**

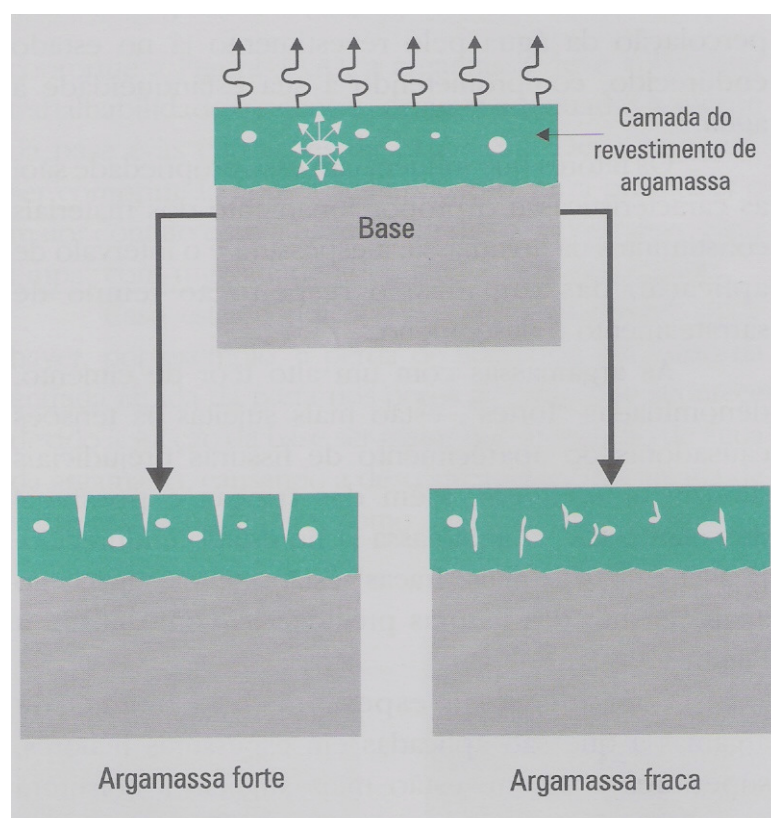
Esta propriedade está diretamente relacionada com a perda da água de amassamento pela evaporação e calor gerado devido às reações de hidratação dos aglomerantes podendo causar fissuras, inclusive, descolamento do revestimento. O que ocorre de fato é a variação volumétrica da argamassa durante seu processo de endurecimento. Segundo Fiorito (2003), mesmo após a secagem e com mais de quatro meses de idade, notam-se variações dimensionais em função do grau higrotérmico do ambiente.

Diretamente relacionada pelas características e proporções dos materiais que constituem o traço da argamassa, espessura do revestimento, intervalo de aplicação das camadas e ao tempo de sarrafeamento e desempenho.

Destaca-se que as argamassas consideradas “fortes”, isto é, com alto teor de

cimento, estão mais susceptíveis ao surgimento de fissuras durante o processo de “secagem”, como possíveis descolamentos já no estado endurecido. Abaixo, a Figura 5 ilustra este comportamento em argamassas com traço forte e traço fraco.

**Figura 5 – Fissuração da argamassa por retração na secagem : argamassa forte x argamassa fraca (Baía e Sabbatini, 2000)**



No que tange à espessura, as argamassas que são aplicadas em camadas mais espessas, normalmente superiores a 2,5 cm, estão mais propícias a sofrerem retração e apresentarem fissuras, além, é claro, do risco iminente de sofrerem deslocamento.

A NBR 13749 (ABNT, 1996), recomenda que sejam observadas as espessuras admissíveis para os revestimentos de argamassa conforme elucidado pela Tabela 4.

**Tabela 4 – Espessuras admissíveis para o revestimento (Baía e Sabbatini, 2000)**

REVESTIMENTO	ESPESSURA (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20\text{mm}$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30\text{mm}$
Tetos	$e \leq 20\text{mm}$

Também devem ser observadas as espessuras mínimas em pontos considerados críticos do revestimento para que não haja prejuízo com relação à proteção e garantia de sua durabilidade. A Tabela 5 apresenta as espessuras mínimas nos pontos críticos do revestimento de argamassa em fachadas.

**Tabela 5 – Espessura mínima em pontos críticos de fachada (Baía e Sabbatini, 2000)**

TIPO DE BASE	ESPESSURA MÍNIMA (mm)
Estrutura de concreto em pontos localizados	10
Alvenaria em pontos localizados	15
Vigas e pilares em regiões extensas	15
Alvenarias em regiões extensas	20

Outro aspecto extremamente importante a ser observado é se respeitar o adequado tempo para o início das operações de sarrafeamento e desempenho, pois se faz necessário que a argamassa tenha um tempo necessário para perda de parte da água de amassamento e chegar a um nível de umidade para o início das referidas operações. Caso as mesmas sejam produzidas sem estes cuidados, ou seja, argamassas ainda muito úmidas, podem ocorrer fissuras e até descolamentos.

### 3.4.2 Propriedades da argamassa no estado endurecido

A tabela abaixo mostra qualitativamente o nível de exigência das propriedades mais importantes para o revestimento. As propriedades no estado endurecido referem-se às propriedades do revestimento propriamente dito. A Tabela 6 nos mostra em escala qualitativa variando de 1 a 4, a variação do nível de exigência das propriedades para o revestimento.

**Tabela 6 – Escala com nível de exigência das propriedades do revestimento de argamassa (Baía e Sabbatini, 2000)**

PROPRIEDADES	CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO				
	interno			externo	
	paredes		teto	paredes	
	base pintura	base cerâmica		base pintura	base cerâmica
Capacidade de aderência	2	2	3	3	4
Capacidade de absorver deformações	3	1	3	4	4
Resistência à tração e à compressão	1	2	1	3	4
Resistência ao desgaste superficial	3	1	1	2	1
Durabilidade	2	2	1	4	3

#### 3.4.2.1 Aderência

Traduz-se na capacidade do revestimento manter-se fixo a sua base quando solicitado por tensões de ordem normais e tangenciais na interface base–revestimento. A aderência, como já vimos, depende das propriedades da argamassa no estado fresco, procedimentos relativos à produção do revestimento, características

da base e, principalmente, sua limpeza.

A resistência de aderência à tração pode ser medida através do ensaio de arrancamento por tração, conforme NBR 13749 (ABNT, 1996).

#### **3.4.2.2 Capacidade de absorver deformações**

É a capacidade do revestimento de absorver tensões sem que se rompa, apresente fissuras prejudiciais e sem que haja perda de aderência.

Em virtude do alívio de tensões oriundas das deformações da base, surgem as fissuras. Quando as fissuras possibilitam a percolação da água no revestimento, as mesmas tornam-se prejudiciais, comprometendo a aderência, estanqueidade, acabamento superficial e, conseqüentemente, a durabilidade final do revestimento.

Os revestimentos têm a capacidade de absorver as deformações menores originárias da ação da umidade e da temperatura, porém, não absorvem as deformações provocadas por ações de grande amplitude como, por exemplo, recalques estruturais.

A capacidade de absorver as deformações por um revestimento está diretamente relacionada :

- módulo de deformação/elasticidade da argamassa : quanto menor o módulo (argamassa menos rígida) maior sua capacidade de absorver deformações. É bastante variável e depende diretamente da composição da argamassa. Segundo CSTB (1982, *apud* GOMES, 1995), existe uma interessante correlação entre o módulo de elasticidade dinâmico e a resistência à tração na flexão das argamassas, apontando para a propensão à fissuração das mesmas em função dos valores obtidos conforme descrito pela tabela abaixo.

<b>Propriedade</b>	<b>Baixa Fissuração</b>	<b>Média Fissurabilidade</b>	<b>Alta Fissurabilidade</b>
Ed Módulo de Elasticidade Dinâmico (MPa)	$Ed \leq 7000$	$7000 \leq Ed \leq 12000$	$Ed \leq 12000$
$3500\Delta/l$ Retração (mm/m)	$\Delta/l < 0,7$	$0,7 < \Delta/l < 1,2$	$\Delta/l > 1,2$
Ed/ft Correlação entre Módulo de Elasticidade Dinâmico e tração na flexão	$Ed/ft \leq 2500$	$2500 \leq Ed/ft \leq 3500$	$Ed/ft \leq 3500$

- espessura das camadas : argamassas com espessuras excessivas comprometem a aderência;

- juntas : as juntas, previamente calculadas, servem para delimitarem planos com dimensões mais compatíveis com a deformações, reduzindo, sobremaneira, o risco do surgimento de fissuras prejudiciais;

- técnica de execução do revestimento : após a aplicação da argamassa em seu

substrato, uma simples técnica de comprimí-la, como também iniciar as operações de acabamento no tempo certo, contribuem para se evitarem as fissuras.

#### **3.4.2.3 Resistência Mecânica**

Esta propriedade tão importante aumenta quando se reduz a proporção do agregado miúdo em sua composição e aumenta consideravelmente quando se reduz a proporção de água (relação água/cimento). Portanto, depende diretamente da natureza dos agregados e aglomerantes e da técnica de execução, visando à compactação da argamassa durante sua aplicação e posterior acabamento.

Relaciona-se diretamente através da capacidade do revestimento de suportar ações de ordem mecânica : abrasão superficial, impacto e contração termigoscópica.

De acordo com Carasek (2007), a resistência mecânica é a propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna que seja capaz de suportar esforços mecânicos das mais variadas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento.

#### **3.4.2.4 Permeabilidade**

O revestimento deve ser estanque à percolação/passagem da água por si, entretanto, deve permitir a passagem do vapor d'água havendo, assim, a perda da umidade provocada pela infiltração da água da chuva, por exemplo, ou provocada pela ação direta do vapor d'água nos banheiros. Quando existem fissuras no revestimento, as mesmas permitem a percolação da água diretamente até a base comprometendo a estanqueidade do conjunto do revestimento.

Esta propriedade está intimamente relacionada ao conjunto base-revestimento,

dependendo, sobretudo, da natureza da base, dosagem da argamassa, técnica de execução, espessura da camada e acabamento final.

#### **3.4.2.5 Durabilidade**

A durabilidade diz respeito, principalmente, ao período de uso do revestimento no estado endurecido, portanto, reflete seu desempenho quando submetido às ações do meio externo e durante um determinado período de tempo.

Alguns fatores podem interferir nesta importante propriedade, como : fissuração, espessura excessiva das camadas, falta de manutenção do revestimento, proliferação de microorganismos, etc.

Nas obras em geral, o desempenho dos revestimentos depende das características das argamassas e das características e condições da base de aplicação dos mesmos, pois, como já visto anteriormente, todos estão intimamente ligados entre si e trabalhando de forma solidária. Estes fatores e características são : trabalhabilidade da argamassa diretamente relacionada com a quantidade de água de amassamento, velocidade inicial de absorção de água pela base, retenção de água, resistência ao cisalhamento sob ação direta das tensões tangenciais e normais, expansão dos elementos que constituem o conjunto do revestimento, retração da argamassa, resistência à compressão e à tração da argamassa e do elemento da base, condições do meio externo, principalmente quando submetido às intempéries, etc.

### **3.5 Componentes das argamassas de revestimentos**

#### **3.5.1 Aglomerantes**

Segundo Tartuce e Giovannetti (1990), aglomerante é um material ligante, em geral



pulverulento, que promove a união entre grãos do material inerte (agregado). São utilizados na obtenção das pastas, argamassas e concretos.

Ainda, segundo Tartuce e Giovannetti (1990), os aglomerantes podem ser classificados em ativos e inertes. Os inertes endurecem por simples secagem como, por exemplo, argilas e betumes. Os aglomerantes ativos são subdivididos em aéreos e hidráulicos.

Os aéreos endurecem pela ação química do CO<sub>2</sub> do ar, gás carbônico. Exemplo : cal aérea, gesso, etc. E depois de endurecidos não resistem quando empregados em contato com a água.

Os hidráulicos endurecem pela ação exclusiva da água. Este fenômeno é denominado hidratação. Exemplo : cal hidráulica e cimento Portland.

### **3.5.1.1 Cimento Portland**

De acordo com o BT-106 (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 à ação da água, o mesmo não se decompõe mais.

O cimento Portland, misturado com água e outros materiais de construção, tais como a areia, a pedra britada, o pó-de-pedra, a cal, ou similares, resulta nos concretos e nas argamassas usadas na construção de casas, edifícios, pontes, barragens, etc.

Há tempos atrás existia no Brasil somente um tipo de cimento. Com o tempo, e graças à evolução dos conhecimentos técnicos sobre o assunto, foram aparecendo novos tipos de cimento no mercado. A maioria dos tipos de cimento hoje existentes servem

para o uso geral. Alguns deles, entretanto, têm certas características e propriedades que os tornam mais adequados para determinados usos, permitindo, inclusive, que se obtenha um concreto ou uma argamassa com a resistência e durabilidade desejadas e de forma mais econômica.

Ainda, segundo o BT-106 (ABCP, 2002), concluí-se, pois, ser da maior importância conhecer as características e propriedades dos principais tipos de cimento hoje existentes no Brasil.

Conforme Tartuce e Giovannetti (1990), o cimento Portland depende para sua fabricação, dos produtos minerais : calcário, argila e gesso. Sua produção pode ser dividida nas seguintes fases :

- extração de matérias-primas;
- preparo de dosagem da mistura crua;
- mistura e homogeneização;
- aquecimento ao forno;
- esfriamento;
- adição final e moagem;
- ensacamento ou estocagem em silos.

Os materiais crus (argila e calcário), moídos finamente e intimamente misturados, são aquecidos até princípio de fusão (cerca de 1400 °C), em grandes fornos rotativos que podem ter até 90m de comprimento por 3.5 de diâmetro. O material parcialmente fundido que sai destes fornos é denominado “clínquer”. O “clínquer” é resfriado e

misturado com uma quantidade de gesso bruto ou moído. Essa mistura é, então, reduzida a um pó muito fino em grandes moinhos de bolas : é o cimento Portland comercial.

O cimento é constituído de clínquer e de adições. O clínquer é o principal componente e está presente em todos os tipos de cimento Portland. As adições podem variar de um tipo de cimento para outro. De fato, são pericialmente as adições que definem os deferentes tipos de cimento.

Os principais tipos de cimento oferecidos no mercado são os seguintes :

- Cimento Portland Comum (CPI);
- Cimento Portland Composto (CPII);
- Cimento Portland de Alto-Forno (CPIII);
- Cimento Portland Pozolânico (CPIV);
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI);
- Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS);
- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);
- Cimento Portland Branco (CPB);
- Cimento para Poços Petrolíferos.

Além de existirem vários tipos de cimento, existem também diferentes classes. A classe do cimento define a resistência à compressão que o cimento tem que atingir aos 28 dias e, tal como os tipos de cimentos, também é expressa de forma abreviada,

ou seja, em código.

No Brasil, existem três classes de cimento e o Quadro 3 nos mostra como elas são definidas e codificadas.

**Quadro 3 – Classes de Resistência dos Cimentos (ABCP, 2002)**

Definição antiga		Definição nova	
Resistência à compressão aos 28 dias (valor e unidade)	Código de identificação da classe	Resistência à compressão aos 28 dias (valor e unidade)	Código de identificação da classe
250 kgf/cm <sup>2</sup>	250	25 MPa	25
320 kgf/cm <sup>2</sup>	320	32 MPa	32
400 kgf/cm <sup>2</sup>	400	40 MPa	40

Portado, a título de exemplificação, um cimento Portland CPII 40, por exemplo, é um cimento Portland do tipo composto e da classe de resistência 40, ou seja, apresenta uma resistência à compressão aos 28 dias de 40 MPa.

Todos os oito tipos de cimento Portland existentes no mercado brasileiro são normalizados pela ABNT, de forma que todo fabricante precisa atender às especificações e exigências preconizadas pelas Normas Técnicas vigentes.

No Quadro 4, estão relacionados os tipos de cimento normalizados, suas composições e respectivas Normas Técnicas.

**Quadro 4 – Cimentos Normalizados ABNT (ABCP, 2002)**

Tipos de Cimento Portland	Código de identificação	Número da norma da ABNT	Matérias-primas	Resistência mínima à compressão (em MPa)			
				a 1 dia	aos 3 dias	aos 7 dias	aos 28 dias
Comum	CPS 25 CPS 32 CPS 40	NBR 5732	95% a 100% de clínquer e gesso Até 5% de materiais carbonáticos	-	8	15	25
				-	10	20	32
				-	15	25	40
	CPE 25 CPE 32 CPE 40		85% a 100% de clínquer e gesso Até 5% de materiais carbonáticos Até 10% de escória de alto-forno	-	8	15	25
				-	10	20	32
				-	15	25	40
	CPZ 25 CPZ 32 CPZ 40		85% a 100% de clínquer e gesso Até 5% de materiais carbonáticos Até 10% de materiais pozolânicos	-	8	15	25
				-	10	20	32
				-	15	25	40
de Alto-Forno	AF-25 AF-32 AF-40	NBR 5735	30% a 65% de clínquer e gesso 35% a 70% de escória de alto-forno	-	8	15	25
				-	10	20	32
				-	12	23	40
Pozolânico	POZ 25 POZ 32	NBR 5736	60% a 85% de clínquer e gesso 15% a 40% de materiais pozolânicos	-	8	15	25
				-	10	20	32
de Alta Resistência Inicial	ARI	NBR 5733	Clínquer e gesso	11	22	31	-
de Moderada Resistência aos Sulfatos	MRS 32	NBR 5737	Clínquer e gesso	-	10	20	32

O Quadro 5 nos mostra de que forma os diversos tipos de cimento agem sobre as argamassas e concretos com eles constituídos.

**Quadro 5 – Influência dos tipos de cimento nas argamassas e concretos (ABCP, 2002)**

Influência	Tipo de Cimento					
	Comum (CPS, CPE, CPZ)	de Alto-Forno (AF)	Pozolânico (POZ)	de Alta Resistência Inicial (ARI)	de Moderada Resistência aos Sulfatos (MRS)	Branco Estrutural (BRANCO E)
Resistência à compressão	Padrão	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Muito maior nos primeiros dias	Padrão	Padrão
Calor gerado na reação do cimento com a água	Padrão	Menor	Menor	Maior	Padrão	Padrão
Impermeabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Padrão	Padrão
Resistência aos agentes agressivos (água do mar e de esgotos)	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Maior	Padrão
Durabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Maior	Padrão

As influências assinaladas acima são relativas, podendo-se aumentar ou reduzir seu efeito sobre as argamassas e concretos, através do aumento e redução da quantidade de seus componentes, principalmente a água e o cimento. Quanto aos demais componentes, por exemplo, os agregados, os mesmos também podem alterar estas influências, sobretudo se contiverem matérias orgânicas como folhas, raízes, etc.

Também podemos utilizar aditivos químicos visando à redução de certas influências ou aumentar o efeito de outras, quando necessário e/ou desejado.

Chega-se à conclusão de que é recomendável estudar a dosagem ideal dos componentes das argamassas e concretos a partir do tipo de cimento escolhido ou disponível no mercado. Assim, pode-se definir uma composição que nos forneça um resultado melhor, mais seguro e com menor custo.

Por fim, com relação aos cuidados pertinentes visando o correto armazenamento do cimento, Bauer (2000) recomenda que o local deve estar isento de qualquer risco que possa causar a hidratação. As embalagens de papel dos sacos de cimento não garantem a impermeabilização necessária, por este motivo não se recomenda armazenar o produto por um período prolongado. Os depósitos destinados ao seu armazenamento devem ser cobertos e fechados, devendo o estrado de madeira ou palletes estar acima do nível do piso.

### **3.5.1.2 Cal**

A cal é um produto derivado de rochas calcárias constituídas por carbonatos de cálcio e/ou magnésio. Sob rígido controle industrial as rochas são extraídas, selecionadas, britadas e submetidas a altíssimas temperaturas ( $\pm 1.000^{\circ}\text{C}$ ) em modernos fornos industriais. Este processo de “queima” é conhecido como calcinação ( $\text{CaCO}_3 + \text{Calor} = \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$ ). Daí obtém-se a cal virgem, composta por óxidos de cálcio e de magnésio.

A cal hidratada é obtida da reação da cal virgem com a água, em um processo controlado denominado hidratação ( $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{vapor}\uparrow$ ). A cal hidratada é composta por uma combinação estável de hidróxidos de cálcio e de magnésio, elementos ideais para o uso nas argamassas de assentamento e de revestimento, garantindo qualidade e durabilidade das mesmas.

Segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003), a cal hidratada é definida como um pó obtido pela hidratação da cal virgem, constituída essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

A cal virgem tem forma de pedras e a cal hidratada tem a forma de um pó muito fino, sendo produzida em três tipos normalizados a saber : CH-I, CH-II e CH-III. Os três tipos de cales existentes no mercado diferenciam-se entre si pelas suas exigências físicas e químicas conforme a NBR 7175 (ABNT, 2003).

Nas argamassas, a cal hidratada atua como aglomerante, a exemplo do cimento. A função principal da cal hidratada é unir os grãos de areia presentes nas argamassas de assentamento e de revestimento, contudo, enquanto o cimento necessita de água para reagir e endurecer, a cal hidratada reage com o CO<sub>2</sub> do ar, transformando-se em carbonatos tão sólidos quanto a rocha calcária que a originou.

A cal hidratada de boa qualidade é um dos principais constituintes das argamassas, pois proporciona às mesmas uma série de benefícios e atribuem às edificações maior durabilidade.

Podemos destacar as principais propriedades da cal hidratada nas argamassas conforme descrito pelo Guia das Almasças nas Construções (ABPC, 2004) :

- poder aglomerante : a exemplo do cimento, a cal também possui propriedade aglomerante, ou seja, unir os grãos do agregado presente na argamassa;
- mais economia : a cal hidratada tem menor massa unitária, ou seja, maior volume por peso. Por se tratar de um produto extremamente fino e leve, permite o preparo de maior quantidade de argamassa, reduzindo o custo do metro cúbico;



- maior plasticidade : por se tratar de um produto com partículas muito finas, após receber a adição de água, funciona como lubrificante, reduzindo o atrito entre os grãos de areia presentes na argamassa, além da redução da tensão superficial da pasta proporcionando, assim, maior trabalhabilidade, boa aderência e maior rendimento da mão-de-obra;

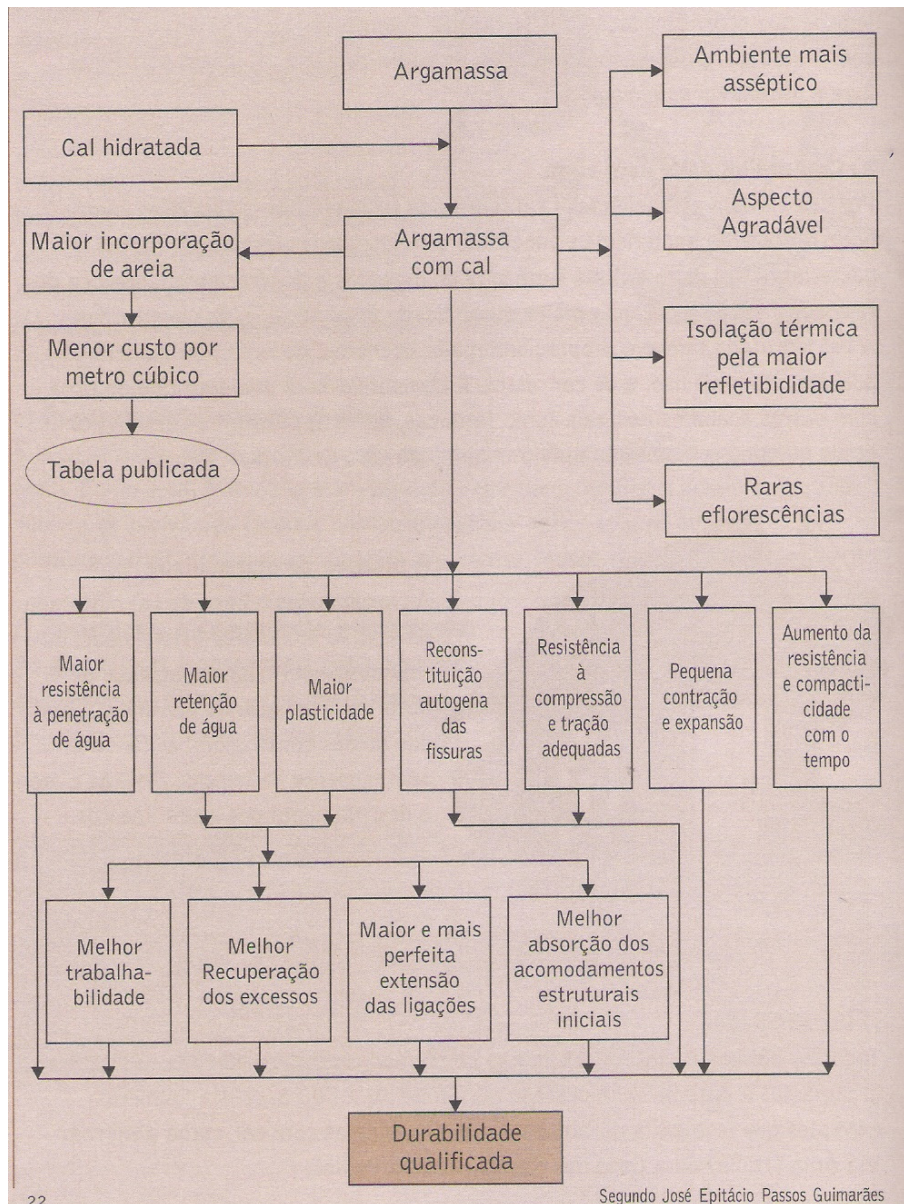
- maior retenção de água : a cal hidratada tem uma extraordinária capacidade de reter água em torno de suas partículas, tanto a água de hidratação como a de amassamento, em virtude da maior finura do grão de cal, formando na argamassa uma dupla perfeita com o cimento. Ao reagir com o CO<sub>2</sub> presente no ar, a cal hidratada libera a água que reteve em torno de suas partículas e que é absorvida pelo cimento, proporcionando-lhe uma cura perfeita;

- maior poder de incorporação de areia : como a cal hidratada é um produto extremamente fino e possui um grande número de partículas (grãos), consegue envolver maior volume de areia e reduzir a tensão superficial da pasta proporcionando maior quantidade de argamassa, portanto, maior rendimento;

- menor módulo de elasticidade : as argamassas à base de cal hidratada têm baixo módulo de elasticidade, ou seja, possuem maior capacidade de absorver as pequenas movimentações das construções, evitando o aparecimento de trincas, fissuras e até o descolamento dos revestimentos;

O Quadro 6 mostrado a seguir sintetiza todas as propriedades da argamassa com cal.

**Quadro 6 – Propriedades da argamassa com cal (ABPC, 2004)**



### 3.5.1.3 Agregados

Segundo Tartuce e Giovannetti (1990), entende-se por agregado os materiais naturais ou artificiais que constituem, por assim dizer, o “esqueleto” dos concretos e argamassas e têm sua união efetuada pela pasta de cimento.

Trata-se de um material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte,

com dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de engenharia.

Quanto à origem, os agregados podem ser :

- naturais – são aqueles que já são encontrados na natureza sob a forma de agregado : areia de mina, areia de rios, seixos rolados, pedregulhos, etc;

- artificiais – são aqueles que necessitam ser trabalhados para chegarem à condição necessária e apropriada para seu uso : areia artificial, brita, etc. O termo artificial aqui usado refere-se tão somente ao modo de obtenção.

Segundo definição da NBR 7211 (ABNT, 1983), o agregado miúdo é a areia de origem natural ou resultante do processo do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT n° 4 (4,8 mm) e ficam retidos na peneira ABNT n° 200 (0,075 mm). Define, também, que a granulometria determinada, segundo a NBR 7211 (ABNT, 1986), deve cumprir os limites de apenas uma das zonas indicadas na Tabela 7 mostrada a seguir :

**Tabela 7 – Limites granulométricos do agregado miúdo (ABNT, 1986)**

Peneira ABNT	Porcentagem, em peso, retida acumulada na peneira ABNT, para a			
	Zona 1 (muito fina)	Zona 2 (fina)	Zona 3 (média)	Zona 4 (grossa)
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8 mm	0 a 5	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4 mm	0 a 5	0 a 15	0 a 25	5 a 40
1,2 mm	0 a 10	0 a 25	0 a 45	30 a 70
0,6 mm	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3 mm	50 a 85	60 a 80	70 a 92	80 a 95
0,15 mm	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100

Segundo Nascimento (2005), de acordo com Carasek *et al* (2001), com o aumento de teor de areia, há uma redução na resistência de aderência da argamassa. Por outro lado, por constituir-se no esqueleto indeformável da massa, é que garante a manutenção da aderência ao longo do tempo pela redução da retração. Além disso, areias muito grossas não produzem argamassas com boa capacidade de aderência porque prejudicam a sua trabalhabilidade e, conseqüentemente, sua aplicação ao substrato, reduzindo a extensão da aderência. Por outro lado, areias ou composições inertes com altos teores de finos (principalmente partículas inferiores a 0,075 mm) podem prejudicar a aderência e, neste caso, podem ser apresentadas duas hipóteses como explicação. A primeira refere-se ao fato de que, quando da sucção exercida pelo substrato, os grãos muito finos da areia podem penetrar no interior seus poros, tomando,

assim, o lugar dos produtos de hidratação do cimento que se formariam na interface e produziram o encunhamento da argamassa. A segunda hipótese versa sobre a teoria dos poros ativos do substrato, na qual uma areia com grãos muito finos produziria uma argamassa com poros de diâmetro médio pequeno; argamassas com poros menores que os poros do substrato dificultam a sucção da pasta de aglomerante, uma vez que o fluxo hidráulico se dá sempre no sentido dos poros maiores para os menores.

Sabbatini (1998) apresenta uma sinopse qualitativa da influência dos parâmetros granulométricos nas principais propriedades das argamassas, conforme a descrito na Tabela 8. O termo variável é aplicável quando não existe uma influência definitiva ou quando esta influência depende de outros fatores. No entanto, Sabbatini (1998) também afirma que, em linhas gerais, a areia que melhor apresenta potencial de produzir uma argamassa adequada é a que tem granulometria contínua (corrida), é

classificada como média (módulo de finura entre 1,8 e 2,8) e tem predominância de grãos arredondados.

**Tabela 8 - Influência das características granulométricas das areias nas propriedades das argamassas (Sabbatini, 1998)**

Propriedades	Características da areia		
	Quanto menor o módulo de finura	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior o 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 mecânicas	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

Tartuce e Giovannetti (2000) descrevem, também, que os agregados não participam das reações de endurecimento do cimento, representam, porém, um papel muito importante nas características físico-químicas da argamassa e sua qualidade. Do ponto de vista quantitativo, são muito importantes pois representam cerca de 80% do peso da argamassa. Sendo assim, desempenham uma função econômica da máxima importância, pois, geralmente, é o elemento de custo mais baixo por unidade de volume nas argamassas. Atua de forma decisiva no incremento de certas propriedades : redução da retração, que é considerável nas pastas de cimento, aumento da resistência ao desgaste superficial e aumento da resistência à compressão. Por questões meramente econômicas, deve-se sempre empregar agregados bem graduados, pois quanto mais perfeita for sua graduação, menor será

o volume de vazios e mais econômica será a argamassa fabricada com esse material. O agregado miúdo apresenta, em relação ao graúdo, um efeito muito maior sobre a trabalhabilidade do cimento, na medida em que exige maior quantidade de água para obter uma determinada trabalhabilidade. É especialmente na fração fina do agregado que se deve atuar para se obter uma argamassa mais econômica e de melhor qualidade. A qualidade dos agregados deve ser avaliada através de certos índices definidos por Normas da ABNT. Entre esses índices, especial atenção deve-se dar às substâncias consideradas nocivas e impurezas orgânicas. São consideradas substâncias nocivas os torrões de argila, materiais carbonosos, e materiais pulverulentos. O efeito da presença da argila em um agregado destinado a ser utilizado, depende, também, do modo como ela está distribuída. Para a resistência da argamassa ela é muito mais nociva, quando se encontra formando uma película tênue que cobre os grãos de areia, do que quando se acha uniformemente distribuída em toda a massa. No primeiro caso a aderência entre a pasta e a areia fica comprometida, enquanto no segundo (em certos casos) poderá ser até favorável. As impurezas orgânicas, normalmente formadas por partículas de húmus, exercem uma ação prejudicial sobre a pega e o endurecimento das argamassas, que podem ir desde um simples retardamento até sua completa inibição.

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2006), o local destinado ao armazenamento dos agregados deve ser construído de tal maneira que possa evitar o seu contato com o solo e impeça a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais.

### 3.5.1.4 Água de amassamento

A água de amassamento é a responsável por fornecer a plasticidade nas argamassas de revestimento e está diretamente ligada à resistência mecânica.

Deve sempre ser armazenada em local estanque e com a devida proteção evitando, assim, sua contaminação por substâncias nocivas. Considera-se a princípio que toda água potável é apropriada para o uso em argamassa e concretos.

Segundo dos Santos (2008), Silva (1991), descreve que a água de amassamento deve ser livre de impurezas que possam afetar a reação do cimento.

A NBR 15900 (ABNT, 2009) estabelece que as águas consideradas potáveis e, portanto, adequadas ao uso em argamassas, precisam respeitar os seguintes limites máximos :

- Álcalis  $\leq 1.500$  mg/l;
- Cloretos (íons  $\text{Cl}^{-1}$ ) em concretos protendidos ou graute  $\leq 500$  mg/l;
- Cloretos (íons  $\text{Cl}^{-1}$ ) em concreto armado  $\leq 1.000$  mg/l;
- Cloretos (íons  $\text{Cl}^{-1}$ ) em concreto simples (sem armadura)  $\leq 4.500$  mg/l;
- Sulfatos (íons  $\text{SO}_4^{2-}$ )  $\leq 2.000$  mg/l;
- Fosfatos, expressos como  $\text{P}_2\text{O}_5 \leq 100$  mg/l;
- Açúcares  $\leq 100$  mg/l;
- Nitratos, expressos como  $\text{NO}_3^{-} \leq 500$  mg/l;

- Chumbo, expresso como  $Pb^{2+} \leq 100$  mg/l;

- Zinco, expresso como  $Zn^{2+} \leq 100$  mg/l.

De acordo com Nascimento (2005), Carasek *et al* (2001) afirmam que a água é um ingrediente essencial na argamassa, uma vez que ela possui duas funções primordiais:

- como único líquido, possibilita que a mistura seja trabalhável;

- combina-se quimicamente com os aglomerantes proporcionando o endurecimento e a resistência da argamassa.

Neville (1997) descreve, segundo Nascimento (2005), que manter uma relação água/cimento baixa, aspecto tão importante no aumento da resistência à compressão do concreto, perde a importância quando se deseja obter uma adequada resistência de aderência de revestimentos. Por analogia ao concreto, essas argamassas devem ser relacionadas com os concretos preparados com agregado leve, pois, mais importante do que a relação água/cimento é o teor de cimento na mistura, uma vez que o agregado poroso retira parte da água disponível, fazendo com que a relação água/cimento real seja mais baixa do que a inicialmente existente. No caso de argamassas de revestimento, raciocínio semelhante é válido, pois a argamassa no estado fresco com alta relação água/cimento (geralmente na faixa de 0,7 a 2,8), ao entrar em contato com a base (geralmente alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto) perde rapidamente água por sucção do substrato.



### **3.5.1.5 Adições**

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), as adições são materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento.

Segundo Carvalho Júnior (2005), adições são materiais finamente divididos e com capacidade de conferir algumas propriedades à argamassa. Na maioria das vezes, não possuem poder aglomerante, atuando como agregados, e, de modo geral, possuem poder aglutinante (promovem liga). As adições mais comuns presentes nas argamassas são as pozolanas (materiais provenientes de rochas vulcânicas, resíduos de termoelétricas, e outros que apresentem atividade pozolânica), o pó calcário, também conhecido como filler (material finamente dividido e constituído essencialmente de calcário ou dolomitos) e os pigmentos que apenas conferem à argamassa coloração, não interferem em resistência mecânica e se diferenciam entre si pelos tipos : orgânicos e inorgânicos.

### **3.5.1.6 Aditivos**

Segundo Nascimento (2005), a ASTM C 125 define o aditivo como um material, além da água, agregados, cimentos hidráulicos e fibras, empregado como um constituinte do concreto ou argamassa e adicionado na betoneira imediatamente antes ou durante a mistura. O ACI 212 lista 20 finalidades importantes para as quais os aditivos são empregados : aumentar plasticidade sem aumento do teor de água, redução exsudação e a segregação, retardar ou acelerar o tempo de pega, acelerar a velocidade de desenvolvimento da resistência nas primeiras idades, retardar a taxa de evolução de calor e aumentar a durabilidade em condições específicas de exposição.

Os principais aditivos empregados nas argamassas são :

- incorporadores de ar – aumentam a plasticidade, adesão inicial e retenção de água, porém, reduzem as resistências à compressão, flexão e aderência;
- plastificantes – melhoram a trabalhabilidade das argamassas. De acordo com Silva (1991), promove a redução do consumo de água gerando aumento da resistência mecânica, redução do consumo de cimento e da retração;
- retentores de água – reduzem a absorção da água pela base, e reduzem a exsudação e evaporação da água contida na massa no estado fresco;
- retardadores de pega – reduzem o início do tempo de pega nas argamassas retardando o início das reações de hidratação do cimento;
- adesivos – proporcionam aderência química junto à base;
- hidrofugantes – reduzem a absorção de água da argamassa, sem que haja impedimento de troca de gases com o meio externo;
- impermeabilizantes – reduzem a permeabilidade das argamassas, todavia, não há impermeabilidade total por causas das falhas que ocorrem devido à retração e movimentação higroscópica da argamassa. Segundo Silva (1991), pode atuar de duas formas, obstrução dos poros presentes dentro da argamassa ou ação repulsiva diante da água.

Segundo Tartuce e Giovannetti (1990), o aditivo não se limita a atuar somente sobre o aglomerante, mas sobre os três componentes básicos : cimento, agregado e água e, nessa ação, influem diretamente na natureza e na dosagem de cada um destes componentes.

## **3.6 BASES DE REVESTIMENTOS**

### **3.6.1 Bases de Concreto de Cimento Portland**

O Concreto de Cimento Portland é de longe o material mais utilizado na indústria da Construção Civil, segundo Metha & Monteiro (1994), oferece propriedades adequadas a um baixo custo, o que o torna um material muito atraente do ponto de vista técnico e econômico. Metha e Monteiro (1994), também ressaltam que o concreto apresenta uma estrutura altamente complexa, sendo que as relações estrutura-propriedade, geralmente úteis para o entendimento e controle das propriedades dos materiais, não podem ser facilmente aplicáveis. O concreto contém uma distribuição heterogênea de muitos componentes sólidos, assim como vazios das mais variadas formas e tamanhos que podem estar completa ou parcialmente cheios de solução alcalina. Destaca-se o estudo do comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados sobre superfícies/substratos de concreto, especificamente, o concreto estrutural. O concreto estrutural pode ser classificado conforme sua massa específica, resistência mecânica e quanto ao uso do mesmo e/ou aplicação. Restringiremos, neste presente trabalho, aos concretos estruturais classificados conforme sua resistência mecânica. Portanto, consideraremos as bases de concretos baseados em sua resistência à compressão aos 28 dias com resistência moderada, ou seja, resistências entre 20MPa a 40MPa e de estrutura leve conforme Metha & Monteiro (1994).

De acordo com Baía e Sabbatini (2000), consideramos as bases em concreto armado dos elementos que formam a supra-estrutura da edificação. A base do revestimento apresenta características específicas que influenciam diretamente no comportamento do revestimento : absorção de água, rugosidade, porosidade, resistência mecânica, homogeneidade e movimentações higroscópicas. A Tabela 9 resume as principais

características das bases de aplicação do revestimento, que são variáveis para diferentes tipos de base.

**Tabela 9 – Características das bases de aplicação do revestimento (Baía e Sabbatini, 2000)**

BASES	CARACTERÍSTICAS
Alvenaria (diferentes componentes)  Estrutura (concreto)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Absorção de água</li><li>• Porosidade</li><li>• Resistência mecânica</li><li>• Movimentações higroscópicas</li><li>• Rugosidade</li><li>• Homogeneidade</li></ul>

### 3.6.1.1 Caracterização das bases e interação com os revestimentos

Segundo Candia e Franco (1998), ao compararmos as características superficiais dos três tipos de bases mais largamente usadas na construção civil : bloco de concreto, bloco cerâmico e superfície de concreto armado, constata-se que existe uma diferença considerável entre os mesmos. A princípio, os blocos de concreto possuem rugosidade mais adequada para receber os revestimentos de argamassa, já os blocos cerâmicos e a estrutura de concreto possuem superfícies mais lisas e, portanto, são consideradas menos adequadas. No sentido de se avaliar quantitativamente e qualitativamente as características superficiais das bases, realizam-se ensaios de índice de absorção inicial IRA (ASTM C 67 – 97) e absorção total. Ensaios de IRA mostraram que a média dos blocos de concreto sem chapisco são aproximadamente 8 (oito) vezes superior em relação à media dos blocos cerâmicos, provavelmente, o IRA dos substratos de estrutura de concreto devem ser ainda menores quando comparados aos resultados dos blocos cerâmicos. No entanto, quando se avaliou a média de absorção total dos blocos cerâmicos o estudo mostrou que foram quase

duas vezes superiores em relação à média dos blocos de concreto. Assim, de posse destas dados, permitiu-se concluir que os valores do IRA não necessariamente têm relação direta com a absorção total. A influência da absorção total nos diferentes tipos de substrato foi significativa nos ensaios de perda de água da argamassa pela absorção da base. Assim, como os blocos cerâmicos têm valores de absorção total superiores aos blocos de concreto e superfícies em concreto armado, a perda de água por absorção no caso dos blocos cerâmicos foi consideravelmente maior. Portanto, para se chegar ao ponto de umidade ótima para início das operações de sarrafeamento em substratos de blocos cerâmicos, a argamassa precisou perder pouca água pelo processo de evaporação e o tempo para dar início às operações foi por conseguinte também menor. Já com relação aos outros dois tipos de substratos, onde a perda de água por absorção foi menor, o tempo demandado para o início das operações de acabamento da argamassa foram maiores, pois a argamassa precisou perder uma maior quantidade de água de amassamento e este processo ocorre de forma gradativa e lenta. A influência do tipo de base foi bastante significativa, principalmente no que se refere aos valores de resistência de aderência. As maiores médias encontradas foram nos ensaios realizados nas bases de blocos de concreto, seguidas pelas bases de blocos cerâmicos e por último pelas bases de estrutura de concreto. Estas diferenças foram atribuídas às diferenças das características superficiais das bases. Portanto, pode-se afirmar que o uso de diferentes tipos de base influenciam no desempenho dos revestimentos. Neste mesmo estudo, aplicou-se chapisco comum sobre os blocos cerâmicos otimizando sua rugosidade superficial e o índice de absorção inicial, ou seja, ao se aplicar o chapisco comum melhorou-se as duas principais características que interferem na resistência de aderência dos substratos. No caso das estruturas de concreto, possivelmente deve ter havido um comportamento similar. Em relação aos substratos de blocos de concreto, ao se

aplicar sobre os mesmos o chapisco comum, não houve alteração do valor do índice de absorção inicial, não havendo, portanto, alteração nos valores das resistências de aderência. No caso dos substratos de blocos cerâmicos e superfícies de concreto, houve diminuição do valor do IRA com a aplicação do chapisco rolado, entretanto, não houve alteração significativa nos valores de aderência. Este fato pode estar relacionado ao aumento efetivo da rugosidade superficial conferida pelo chapisco quando aplicado às superfícies em questão. Sendo assim, para os casos de bases, principalmente em concreto armado, a aplicação do chapisco industrializado contribui para aumentar a propriedade da resistência de aderência em virtude do aumento da rugosidade superficial conferida. Ainda, segundo o presente estudo, analisando-se a influência do preparo da base nas resistências de aderência, concluiu-se que para a grande maioria dos casos envolvendo bases em blocos cerâmicos, os melhores resultados de aderência estavam relacionados à aplicação sobre os mesmos do chapisco comum e com relação às bases em concreto, os melhores resultados foram obtidos quando da aplicação do chapisco industrializado. Portanto, fica claro que tanto para substratos em blocos cerâmicos como em estruturas em concreto, torna-se extremamente necessário a aplicação do chapisco, melhorando, assim, suas características superficiais e por conseqüência imediata as resistências de aderência. Mediante os resultados obtidos, concluí-se que uma boa rugosidade superficial, valores do índice de absorção inicial superiores a 30g/193.5 cm<sup>2</sup>.min e um processo de cura prolongado do revestimento, são condições favoráveis para se obter uma boa aderência. Dependendo das características superficiais do substrato, pode-se não utilizar a argamassa de chapisco como preparo da base, desde que a mesma possua rugosidade superficial e valores de IRA adequados. Todavia, em substratos de blocos cerâmicos e estrutura em concreto, torna-se imprescindível o uso do chapisco. Quando se utiliza chapisco convencional sobre substratos de blocos cerâmicos, na

maioria dos casos, não se faz necessário a adição de aditivos desde que sejam respeitadas as boas técnicas de aplicação e que tenhamos materiais apropriados na confecção das argamassas, porém, no caso específico dos substratos em concreto armado, a incorporação de aditivos é indispensável, por isso a recomendação pela utilização do chapisco industrializado.

### **3.6.1.2 Cuidados preliminares e preparação da base**

Ressalta-se, aqui, a importância fundamental do processo de preparação e limpeza da base visando garantir a qualidade e o desempenho dos revestimentos no que tange principalmente à aderência.

Esta atividade, inclusive, é recomendada pela NBR 7200 (ABNT, 1998) que estabelece, por exemplo, que as bases de revestimento com elevada absorção devem ser pré-molhadas. Deve-se fazer aplicação prévia de argamassa de chapisco quando a superfície a revestir for parcial ou totalmente absorvente ou quando a base não apresentar rugosidade superficial considerada adequada.

A NBR 7200 (ABNT, 1998), recomenda que as argamassas de revestimento não sejam aplicadas em ambientes com temperaturas inferiores a 5°C. Em temperaturas superiores a 30°C, devem ser tomados cuidados especiais para a cura dos revestimentos, mantendo-os úmidos pelo menos nas 24 horas iniciais através de aspersão constante de água. Este mesmo procedimento deve ser adotado em situações de baixa umidade relativa do ar, ventos fortes ou insolação forte e direta sobre os planos revestidos.

Segundo Nascimento (2005), Cavani e Oliveira (2002) observaram a influência da cura sobre superfícies revestidas com argamassa ao estudarem a resistência de

aderência em chapiscos. Aparentemente, o cimento da argamassa de chapisco não estava totalmente hidratado. Procedeu-se, então, uma cura complementar da argamassa de chapisco para depois serem feitos ensaios de resistência de aderência.

A tabela 10 traz o resumo dos resultados dos ensaios de resistência de aderência do chapisco.

**Tabela 10 – Resultado das resistências de aderência do chapisco (Nascimento, 2005)**

Condição de cura complementar	Resistência de aderência média (MPa)
Nenhuma	0,13
Molhado uma vez por dia a cada três dias	0,44
Molhar duas vezes por dia a cada dois dias	1,00
Molhar três vezes por dia a cada três dias	0,81

Também, conforme recomendado pela NBR 7200 (ABNT, 1998), a preparação da base envolve atividades inerentes à limpeza prévia da estrutura antes da aplicação do revestimento como : remoção de incrustações metálicas, remoção de pó, barro, fuligem, graxas, óleos desmoldantes, fungos, eflorescências, irregularidades superficiais, preenchimento de furos com argamassa adequada originários de processos executivos inadequados durante o preparo e aplicação do concreto. Em alguns casos, dependendo das condições da base, recomenda-se, inclusive, o seu



apicoamento facilitando, assim, o processo de microagulhamento da pasta de argamassa nos poros capilares do substrato.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) reitera, também, que antes do início que qualquer procedimento de lavagem, a base deve ser saturada com água limpa, evitando, assim, a penetração, em profundidade, da solução de lavagem adotada. Depois de finalizado o procedimento da lavagem e limpeza da base, deve-se esperar a completa secagem da base para se prosseguir com a aplicação do revestimento. A limpeza pode ser executada conforme os procedimentos descritos abaixo :

- sujeiras, pó e materiais soltos : escovar e lavar a superfície ou aplicar jato de água sob pressão e, quando necessário, deve-se utilizar espátula, escovas de cerdas de aço ou jato de areia;

- para remoção de óleo desmoldante, graxas e outros contaminantes gordurosos, pode-se efetuar a limpeza com soluções alcalinas ou ácidas e em seguida enxaguar com água limpa em abundância, também, pode-se lavar a superfície com água e detergente e, além de enxaguá-la com água em abundância, pode-se, também, adotar processos mecânicos, por exemplo, escovamento a seco com escovas de cerdas de aço, lixamento mecânico ou jato de areia e em seguida remover a poeira através de ar comprimido ou lavagem com água sob pressão;

- para a remoção de eflorescências, recomenda-se escovar a seco a superfície com escovas de cerdas de aço e proceder a limpeza com solução de ácido muriático, caso a manifestação atinja grandes áreas, pode-se empregar jato de areia;

- para a remoção de bolor e fungos, escovar a superfície com escovas de cerdas duras e solução de fosfato trissódico ou solução de hipoclorito de sódio e enxaguar

em seguida com água limpa em abundância.

Deve-se dar especial atenção aos procedimentos acima descritos, pois face às últimas revisões normativas visando garantir a durabilidade e aumento de vida útil, conforme as condições de exposição, as estruturas tornaram-se mais impermeáveis devido ao aumento do consumo de cimento, cobrimento mínimo e, principalmente, redução do fator água/cimento.

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2006), a agressividade ambiental pode ser classificada conforme a Tabela 11.

**Tabela 11 – Classe de agressividade ambiental (ABNT, 2006)**

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1), 3)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	
<sup>1)</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura). <sup>2)</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente. <sup>3)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.			

A NBR 12655 (ABNT, 2006), estabelece, ainda, a correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto, pois a durabilidade das estruturas é altamente influenciada pelas características do concreto. Na seqüência, apresentamos a Tabela 12 que correlaciona requisitos especiais do concreto em condições especiais

de exposição.

**Tabela 12 – Classe de agressividade e qualidade do concreto (ABNT, 2006)**

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m <sup>3</sup>	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

NOTA CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado; CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Portanto, fica evidente que houve uma redução extremamente significativa da porosidade das bases das superfícies de concreto pela redução do fator água-cimento, havendo, pois, a necessidade da adoção de boas práticas de preparo da base e utilização de argamassas com aditivos poliméricos em detrimento das argamassas convencionais, sobretudo, o chapisco industrializado (colante ou rolado), visando garantia da resistência de aderência pelo estabelecimento da ponte de aderência adequada.

Conforme Pretto (2007), as práticas adotadas nas obras através do uso cada vez mais constante de concretos com cimentos de alta resistência inicial, uso de desmoldantes e/ou emprego de fôrmas plastificadas contribuem para a que a superfície do concreto torne-se cada vez mais lisa e de baixa porosidade superficial. Como consequência, há prejuízo da absorção capilar que sempre deve existir na camada superficial da base, que permite a penetração e a ancoragem dos produtos de hidratação da argamassa de revestimento no interior do substrato, garantindo, assim, a ancoragem mecânica.

Em outras palavras, o “espelhamento” das superfícies de concreto, reduz significativamente o processo de sucção pelos poros capilares da pasta da argamassa, havendo, portanto, uma maior exigência da capacidade de adesão química da mesma.

Assim, recomenda-se de forma imperativa a utilização de argamassas poliméricas sobre as bases de concreto para receber posteriormente as outras camadas de revestimento, principalmente o reboco e o emboço.

Ressalta-se a importância e o efeito benéfico dos aditivos poliméricos nas propriedades das argamassas, notadamente, segundo Ohama (1998), devido ao aumento da incorporação de ar, melhoria da trabalhabilidade, maior capacidade de retenção de água devido à formação de filme ou membrana polimérica que restringe a perda de água na argamassa, principalmente prematura, por evaporação para o ambiente e por absorção do substrato.

Ademais, como já descrito, esses aditivos promovem de forma eficiente o processo de aderência química junto ao substrato.

### **3.6.1.3 Aderência argamassa - base**

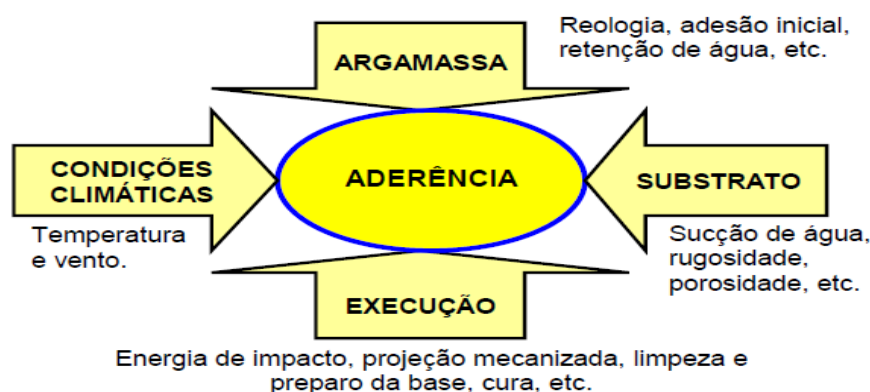
De acordo com Nascimento (2005), a zona de transição, que corresponde à região de contato entre a pasta e os agregados, é a região mais frágil dos concretos e argamassas e que, segundo Silva (2003), essa zona de transição é extremamente particular não somente levando-se em conta as superfícies dos agregados, mas também está presente em outras interfaces de compósitos à base de materiais cimentícios : região da interface aço-pasta de cimento e argamassa-substrato.

### **3.6.1.3.1 Aderência mecânica**

É o processo físico estabelecido quando a pasta da argamassa penetra nos poros capilares ou entre as imperfeições / rugosidade da base de aplicação. Formam-se, então, entre o substrato e a argamassa, engastes físicos. Segundo Nascimento (2005), trata-se do principal sistema responsável pela aderência da argamassa à base.

Carasek (2007, *apud* Santos, 2008) relata que quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente da base, parte da água de amassamento, que contém em dissolução ou no estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra nos poros capilares e cavidades da base. No interior desses poros, ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e após algum tempo, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base. Em seus estudos micro-estruturais usando microscópio eletrônico de varredura, confirmou-se que a aderência decorre do intertravamento, principalmente da etringita, no interior dos poros da base. Tendo em vista o mecanismo de ligação, pode-se concluir que quanto melhor for o contato entre a argamassa e o substrato, maior será a aderência obtida.

**Figura 6 - Fatores que exercem influência na aderência da argamassa sobre base porosa (Santos, 2008)**



### 3.6.1.3.2 Aderência química

A aderência química é possível pelo uso de aditivos com função adesiva que servem para otimizar as propriedades de aderência das argamassas à base. É preferível que os aditivos em questão sejam de base SBR, acrílicos ou EVA.

Em bases onde não se tem boas condições de rugosidade, porosidade e absorção de água como, por exemplo, bases em concreto armado, onde o processo físico-químico de aderência mecânica fica comprometido por não ter condições de se desenvolver plenamente, o uso destes aditivos é indispensável.

Segundo Taha e Shrive (2001, *apud* Nascimento, 2005), é largamente aceito que a aderência às bases desenvolve-se segundo dois mecanismos : a aderência química, onde a resistência de aderência advém de forças covalentes ou forças de Van der Waals desenvolvidas entre a unidade da base e os produtos da hidratação do cimento e a aderência mecânica que é formada pelo intertravamento mecânico formado pelos produtos de hidratação do cimento, transferidos para a superfície dos poros da unidade da base.

De acordo com Kampf (2001, *apud* Nascimento, 2005), a resistência de aderência

entre uma argamassa e placas de vidro atinge cerca de 1/10 da resistência de aderência entre essa mesma argamassa aplicada sobre uma unidade de alvenaria de tijolos, donde o pesquisador concluiu que a contribuição do sistema mecânico para a resistência de aderência é muito superior quando comparado à contribuição do sistema de aderência químico.

### **3.6.2 Influencia dos aditivos poliméricos nas argamassas de revestimento**

Conforme Ohama (1998), o conceito de modificação de argamassas e concretos utilizando polímeros não é recente, uma vez que consideráveis pesquisas sobre o tema têm sido conduzidas em vários países nos últimos setenta anos.

A adição destes aditivos, principalmente em argamassas, exerce influência direta nas suas propriedades. A seguir, de acordo com Nascimento (2005), são descritas as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido e como esses aditivos as influenciam.

- consistência : através do emprego de aditivos, pode-se alterar a consistência das argamassas sem que haja alteração nos consumos de cimento e de água. As argamassas modificadas com polímeros apresentam maior fluidez quando comparadas às argamassas não modificadas para uma mesma dosagem e fator água-cimento, sendo, inclusive, maior essa fluidez quando se aumenta a adição do polímero. Esse aumento da consistência é atribuído aos efeitos dispersantes promovidos pelos surfactantes utilizados nos látices poliméricos ou por alguns polímeros solúveis em água que são surfactantes como, por exemplo, o PVA;

- retenção de água : as argamassas modificadas com polímeros apresentam um aumento de retenção de água quando comparadas às argamassas sem adição de

polímeros. Pode-se explicar esse efeito pelas propriedades hidrofílicas dos látices e de alguns polímeros. Outro aspecto é a inibição da saída de água da argamassa devido ao efeito de selagem dos poros pela formação de filme polimérico e pelo aumento da viscosidade da fase líquida pela adição do polímero. Essa maior retenção de água favorece a hidratação do cimento e inibe a saída da água da pasta em contato com substratos muito porosos;

- teor de ar incorporado : na maioria das argamassas modificadas com polímeros, o teor de ar incorporado é maior quando comparado com as argamassas convencionais. A incorporação de ar é ocasionada, principalmente, pelo processo de mistura mecânica que introduz ar na argamassa, sendo este processo favorável à remoção do ar incorporado na medida em que promove a fusão de pequenas bolhas, formando bolhas maiores que apresentam maior tendência à flutuação sendo, então, carregadas à superfície da argamassa onde se rompem. Nas argamassas modificadas com polímeros, devido à presença de surfactantes, as bolhas formadas são pequenas e estáveis dificultando sua remoção. O teor de ar incorporado nas argamassas, apesar de favorecer sua trabalhabilidade, também pode atuar desfavoravelmente quanto às resistências mecânicas. A utilização de agentes anti-espumantes é comum nas argamassas poliméricas para reduzir a estabilidade das bolhas, bem como foram desenvolvidos estudos que visam reduzir o ar incorporado através do modo de preparo.

- tempo de pega : de acordo com Ohama (1998), os tempos de pega e o processo de hidratação das argamassas e concretos modificados com polímeros são maiores, embora existam alguns polímeros que tendem a acelerar a hidratação do cimento.

Dentre as causas associadas a esse efeito, de acordo com Nascimento (2005), tem-



se o fato dos polímeros e os surfactantes envolverem/adsorverem na superfície de grãos de cimento hidratados e não hidratados dificultando a aproximação das moléculas de água. Outro fator está relacionado ao aumento da viscosidade e retenção de água de amassamento/reação do poros pela presença de polímeros. Ainda, segundo Nascimento (2005), uma abordagem química com relação aos polímeros EVA nos indica que, inicialmente, este polímero atuaria aumentando a taxa de dissolução das fases anidras, sendo que ele atua como surfactante e ao desflocular os grãos de cimento, aumentaria a área específica do cimento em contato com água. Entretanto esse mesmo polímero, em um momento seguinte, passaria a consumir os íons  $\text{Ca}^{+2}$  da fase aquosa pela reação destes com os íons acetato  $(\text{CH}_3\text{COO})^-$  liberados pela hidrólise do EVA formando, acetato de cálcio, retardando a precipitação das fases hidratadas do cimento (retardo na nucleação e crescimento dos cristais de etringita). Esse aspecto nos indica que a ocorrência de reações químicas pelos polímeros presentes também pode interferir na velocidade da hidratação

- resistência de aderência à tração : conforme Nascimento (2005), esta propriedade é altamente influenciada pela proporção polímero/cimento, pela condição de cura e pelas propriedades da base. A modificação das argamassas e concretos com a adição de polímeros é resultante da hidratação do cimento e da coalescência das partículas de polímero formando filmes contínuos ou membranas que se ligam ao géis hidratados do cimento e aos agregados, formando, assim, uma cadeia monolítica na qual a fase polímero interpenetra nos compostos hidratados do cimento Portland. Esta fase polimérica é a responsável pela diminuição da permeabilidade e pelo aumento da aderência entre a pasta e o agregado;

De acordo com Nascimento (2005), os polímeros estireno-butadieno (SBR), estireno-acrílico, poli acetato de vinila (PVA) e acrílico (ACR) foram estudados por diversos

autores, tais como Godoy e Barros (1999), Rossignolo e Agnesini (1999), Oliveira e Bauer (1999), que concluíram, de maneira geral, que o aditivo à base de polímeros de estireno-butadieno (SBR) apresentou melhores resultados em comparação com os demais avaliados em seu trabalho (PVAc, estireno-acrílico), diminuindo a retração e a absorção de água por capilaridade. Ainda, segundo Nascimento (2005), no estudo de Rossignolo e Agnesini (1999), os mesmos verificaram que argamassas com utilização do aditivo à base de polímeros de estireno-butadieno (SBR) apresentaram melhor desempenho que as argamassas comuns, observando-se os resultados obtidos nos ensaios de retenção de água, resistência à tração, módulo de deformação, aderência e permeabilidade. Os autores salientam ainda que a redução da incorporação de ar (verificada nas argamassas modificadas com SBR) pode melhorar ainda mais o desempenho de algumas propriedades das argamassas, em comparação com argamassas comuns (tais como resistência à compressão, resistência à tração, aderência e permeabilidade).

Nascimento (2005) relata o estudo de Oliveira (2005) donde as argamassas para assentamento de revestimentos cerâmicos são modificadas com polímeros para melhoria de suas características nos estados fresco e endurecido. Os polímeros celulósicos, como é o caso do hidroxietil celulose – HEC, são utilizados principalmente por serem excelentes retentores de água e por modificarem a consistência das argamassas, tornando-as mais trabalháveis. Os polímeros vinílicos, como é o caso do copolímero acetato de vinila/etileno – EVA, são empregados por melhorarem o desempenho das mesmas no estado endurecido, principalmente aderência e flexibilidade.

Estudos desenvolvidos por Chandra e Ohama (1994) e Oliveira (2005) são descritos por Nascimento (2005) pois, embora o uso desses polímeros proporcione uma maior

eficácia e durabilidade aos revestimentos cerâmicos, há preocupação em relação ao desempenho dos mesmos quando em contato prolongado com a água ou em ambientes de elevada umidade. Os estudos indicam que materiais à base de cimento modificados com látices poliméricos apresentam baixa resistência à água, havendo a possibilidade de desagregação do filme polimérico formado na interface placa cerâmica/argamassa, comprometendo a estabilidade do revestimento.

### **3.7 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO**

A aderência é a propriedade do revestimento, no estado endurecido, que traduz a capacidade do mesmo em manter-se fixo à base, promovendo a resistência mecânica ao plano de tensões que surgem na interface base–revestimento. Estas tensões podem ser tangenciais e/ou normais.

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 1996), o revestimento de argamassa deve apresentar aderência com a base de revestimento e entre suas camadas constituintes. Para a avaliação desta importante propriedade, a Norma em questão preconiza :

- item 5.7.1 - avaliar a aderência dos revestimentos acabados por ensaios de percussão, realizados através de impactos leves, não contundentes, com martelo de madeira ou outro instrumento rijo. A avaliação deve ser feita em cerca de 1m<sup>2</sup>, sendo a cada 50m<sup>2</sup> para tetos e a cada 100m<sup>2</sup> para paredes. Os revestimentos que apresentarem som cavo nesta inspeção, por amostragem, devem ser integralmente percutidos para se estimar a área total com falha de aderência, a ser esperada;

- item 5.7.2 - sempre que a fiscalização julgar necessário, devem ser realizados ou solicitados a laboratório especializado a execução de pelo menos seis ensaios de resistência de aderência à tração, conforme a NBR13528, em pontos escolhidos

aleatoriamente, a cada 100m<sup>2</sup> ou menos da área suspeita. O revestimento desta área deve ser aceito de cada grupo de seis ensaios realizados (com idade igual ou superior a 28 dias) pelo menos quatro valores forem iguais ou superiores aos indicados na Tabela 13.

Salienta-se que, a edição de março de 2010 da NBR 13528, prevê cada série com doze corpos de prova. Como a NBR 13.749 ainda não sofreu alteração, faz-se, portanto, uma proporção direta para o aceite, ou seja, oito resultados iguais ou superiores aos da tabela 13 em uma série de doze corpos de prova extraídos.

**Tabela 13 - Limites da resistência de aderência à tração (ABNT, 1996)**

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

Segundo Candia e Franco (1998), o fato da argamassa de revestimento trabalhar sempre aderida ao substrato e representar as grandes superfícies das fachadas do edifício expostas diretamente às condições do meio ambiente, conduz ao surgimento das tensões de tração e de cisalhamento na interface substrato/revestimento, como

consequência dos movimentos diferenciais ocorridos entre a camada de revestimento e o substrato, por causa desta exposição. Segundo Lucas (1987), esses movimentos diferenciais são os que degradam a ligação na interface substrato/argamassa, portanto afetam a durabilidade de aderência dos revestimentos externos. Para minimizar esta degradação, é necessário que exista uma boa aderência na interface substrato/argamassa.

Esta propriedade está diretamente relacionada às características da argamassa no estado fresco como sua reologia, procedimentos adotados na execução, características do substrato como grau de absorção da base que possibilita a micro ancoragem, seu estado de rugosidade superficial que possibilita a macro ancoragem e, principalmente, sua limpeza superficial conforme preconizado na NBR 7200 (ABNT, 1998).

A análise do tipo de ruptura no revestimento é tão importante como os valores obtidos nos ensaios de tração, pois o tipo de ruptura e localização da mesma pode indicar uma maior e menor probabilidade de virem a ocorrer patologias no sistema de revestimento, possibilitando, assim, uma melhor avaliação técnica da situação e elaboração de um plano de prevenção e/ou intervenção. Portanto, a interpretação dos ensaios é de suma importância para a prevenção e possíveis soluções das patologias que porventura possam surgir.

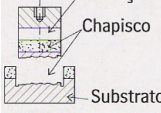
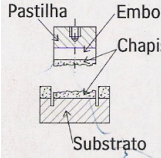
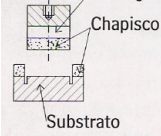
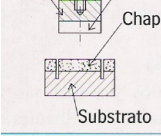
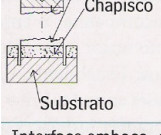
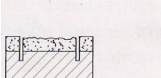
Conforme Téchne (PINI, 2004), o ensaio de resistência de aderência é semelhante a um ensaio de tração em uma corrente, pois o rompimento ocorrerá sempre no elo mais fraco, portanto, o primeiro passo para a interpretação é averiguar a tensão de ruptura, caso seja satisfatória, então todos os elos possuem resistência superior à especificada, caso contrário, a análise indicará qual é o elo mais fraco e as causas da

fragilidade; mesmo quando o resultado é satisfatório o ideal é que a ruptura seja no interior do emboço já que as interfaces são submetidas a exigências maiores durante sua vida útil.

Conforme Carasek (2010), um aspecto tão importante quanto o valor de resistência de aderência obtido é a análise do tipo de ruptura. Quando a ruptura é do tipo coesiva, ocorrendo no interior da argamassa ou do substrato, os valores são menos preocupantes, a menos que sejam muito baixos. Por outro lado, quando a ruptura é do tipo adesiva, ou seja, ocorre nas interfaces do sistema, os valores devem ser mais elevados, pois existe um maior potencial para a ocorrência de manifestações patológicas futuras. A ruptura na interface argamassa/cola significa que a porção mais fraca é a camada superficial do revestimento de argamassa e quando os valores são baixos indicam resistência superficial inadequada, pulverulência, que também podem estar associados com patologias, principalmente o descolamento do acabamento decorativo (tinta ou placa cerâmica).

O Quadro 7 mostra-nos os diversos tipos de rompimentos que podem ocorrer durante o ensaio de arrancamento, local de ruptura, prováveis causas e possíveis soluções.

**Quadro 7 – Rupturas em ensaios de tração, causas e soluções (Pini, 2004)**

Local da ruptura	Causas	Soluções
 <p>Substrato Emboço Chapisco Substrato</p>	<p>Baixa resistência mecânica</p> <p>Corte profundo do corpo com a serra-copo</p>	<p>Melhor seleção do elemento de alvenaria</p> <p>Cuidado durante o corte, que deve atingir somente a superfície do substrato</p>
 <p>Interface substrato-chapisco Pastilha Emboço Chapisco Substrato</p>	<p>Substrato muito liso e/ou com resíduos</p> <p>Deficiência na cura do chapisco</p>	<p>Executar cura úmida do chapisco</p> <p>Preparo por apicoamento e/ou limpeza da base</p>
 <p>Camada de chapisco Emboço Chapisco Substrato</p>	<p>Traço muito pobre</p> <p>Deficiência na cura do chapisco</p>	<p>Rever traço do chapisco</p> <p>Executar cura úmida</p>
 <p>Interface chapisco-emboço Pastilha Emboço Chapisco Substrato</p>	<p>Falta de contato íntimo entre argamassa de emboço e chapisco</p> <p>Chapisco muito impermeável</p>	<p>Aplicar com mais energia e comprimir a argamassa contra o chapisco ou aplicar por projeção</p> <p>Rever a dosagem de adesivo do chapisco</p>
 <p>Camada de emboço Emboço Chapisco Substrato</p>	<p>Traço muito pobre</p> <p>Deficiência de aplicação (ruptura entre chapadas)</p>	<p>Rever traço</p> <p>Maior cuidado durante a aplicação, evitando vazios e falta de contato íntimo entre as chapadas. Comprimir a argamassa ou usar aplicação por projeção</p>
 <p>Interface emboço-cola</p>	<p>Falha no ensaio</p>	<p>Executar nova determinação em outro corpo-de-prova</p>

Carasek (2010), entretanto, salienta que embora seja um parâmetro extremamente importante para avaliação dos revestimentos, não é recomendável que a resistência de aderência à tração atinja valores muito altos, valores ideais situam-se na faixa de 0,50 MPa ou inferiores, pois revestimentos com valores de resistência de aderência muito altos apresentam elevada rigidez, podendo os mesmos estarem mais susceptíveis ao fissuramento e descolamento quando em fachadas de edifícios de

diversos andares e, conseqüentemente, elevadas movimentações.

Segundo, também, Carasek (2010), outro aspecto que deve ser lembrado é que a aderência deriva da conjunção de três propriedades da interface argamassa/substrato:

- resistência de aderência à tração;
- resistência de aderência ao cisalhamento;
- extensão de aderência, razão entre a área de contato efetiva e a ser unida.

Outra observação muito pertinente relatada por Carasek (2010), refere-se à avaliação relativa ao ensaio de percussão, pois após a execução dos revestimentos em uma fachada, para inferir sobre a aderência, um teste muito útil, barato e não destrutivo é o de percussão. Este teste é conclusivo, pois se forem identificadas regiões com som cavo, o revestimento certamente está com problema e deve ser removido, sendo necessário analisar as causas do descolamento. Assim, pode-se adotar o teste de percussão em toda a fachada ou então com uma grande amostragem e reduzir o número de locais de ensaio de resistência de aderência para controle, uma vez que esses têm maior custo, além de serem mais trabalhosos. Outra filosofia que deve ser adotada em obra é o controle rigoroso da execução (limpeza da base, realização de chapisco, aplicação mecanizada da argamassa, cura úmida do revestimento, etc.) visando a garantia da qualidade do revestimento e, com isso, redução da quantidade de testes posteriores para avaliação da resistência de aderência nas fachadas.

Taha e Shrive (2001, *apud* Nascimento, 2005), relata que a resistência de aderência depende de vários fatores inter-relacionados que podem afetar o desenvolvimento da aderência de maneira direta : absorção superficial da unidade do substrato, estrutura dos poros, composição da argamassa, retenção de água e condições de cura; de



maneira indireta : textura superficial do substrato e habilidade do pedreiro. Enquanto as características da absorção superficiais definem a taxa e o volume de água retirada da argamassa para o substrato, a qualidade da argamassa define a quantidade de água disponível na interface e a resistência dos produtos da hidratação do cimento, depositados nos poros superficiais da unidade do substrato. A qualidade requerida da argamassa não é, necessariamente, representada por sua resistência à compressão, porém, por outros critérios, tais como trabalhabilidade, retenção de água e plasticidade. A interação da absorção superficial do substrato e da qualidade da argamassa, segundo Nascimento (2005), conforme publicado por Groot (1997) e Lange et al (1999), determina a eficiência de dois processos físicos que controlam o desenvolvimento da aderência na interface: densificação e secagem. A densificação representa a consolidação dos produtos da hidratação na interface argamassa/substrato, enquanto a secagem representa a redução da água disponível para completar o processo de hidratação na interface como resultado da sucção da unidade do substrato. O equilíbrio entre a água requerida e a água disponível na interface argamassa/substrato contribui para o desenvolvimento da aderência na interface descreve Nascimento (2005) nos trabalhos desenvolvidos por McGinley (2001) e Taha et al (2001).

## **CONCLUSÕES**

Para que um revestimento possa cumprir o seu papel, torna-se fundamental avaliarmos, inicialmente, qual será a base que servirá como substrato, principalmente, no que tange à correta caracterização e definição de suas propriedades.

De posse desses dados, podemos avaliar tecnicamente as praticas recomendadas visando especificar de forma correta os cuidados preliminares pertinentes e necessários e a posterior especificação correta das argamassas que servirão de revestimento.

Todas as atividades mencionadas acima são cruciais para se evitar as ocorrências de patologias, principalmente, aquelas relacionadas ao deslocamento de revestimentos, notadamente, sobre superfícies em concreto armado.

Devemos, portanto, além de seguirmos os procedimentos preconizados por Norma Técnica no que se refere aos cuidados preliminares para a preparação da base, lançar mão do uso de argamassas industrializadas aditivadas com polímeros para garantirmos que haja adesividade suficiente entre as interfaces das camadas dos revestimentos, sobretudo, na camada de ligação entre a base e a argamassa de regularização denominada chapisco, neste caso, imprescindível.

#### **4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Agregados para Concreto. 3. ed. São Paulo, 1989. 44p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento portland. 7. ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 15900-1; Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 7211; Agregado para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13281; Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 7175; Cal Hidratada para Argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 12655; Concreto de Cimento Portland - Preparo, Controle e Recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 7200; Execução de Paredes e Tetos com Argamassas Inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 6118; Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13749; Revestimentos de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13529; Revestimentos de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13528; Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da Resistência de Aderência à Tração - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CAL. Guia das Argamassas nas Construções. 8. ed. São Paulo, 2004. 40p.

BAÍA, L. L. M., SABBATINI, F. H. *Projeto e Execução de Revestimentos de Argamassa*. 2.ed. São Paulo: O Nome da Rosa Ed., 2001. 82 p.

BAUER, L. A. F. *Materiais de Construção I*. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Ed., 1987. 435p.

CANDIA, M. C., FRANCO, L. S. *Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa*. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1998. 13p. (BT-223)

CARASEK, H. *Guia Avaliação e Interpretação de Ensaio de Sistemas de Revestimento de Argamassa*. Belo Horizonte: Comunidade da Construção, 2011. 20p.

CARASEK, H. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. São Paulo: IBRACON, 2007.

CARASEK, H., CASCUDO, O., SCARTEZINI, L. M. Importância dos materiais na

aderência dos revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV, 2001, Brasília. *Anais...* Brasília: PECC/ANTAC, 2001. p43-67.

CARVALHO JR., A. N. *Avaliação da Aderência dos Revestimentos Argamassados; uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2005. 331p. (Tese, Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

CARVALHO JR., A. N. *Técnicas de Revestimento*; Apostila do Curso de Especialização em Construção Civil. 1.ed. Belo Horizonte: DEMC- EE.UFMG, 1999. 54p.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – **Modalités d'essais des enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques**. Cahier n° 1779, 1982. apud GOMES, A. M., *Caracterização de argamassas tradicionais utilizadas nos revestimentos exteriores dos edifícios*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico (IST), 1995. 269p. (Tese, Doutorado em Engenharia Civil).

FIORITO, A. J. S. I. *Manual de argamassas e revestimentos*. 4.ed. São Paulo: Editora Pini, 2003. 223p.

HELOISA, M. *Doenças Concretas*. São Paulo: Editora Pini, 2010. (Téchne 160v. p62-68)

LOTURCO, B. *Como verificar aderência de argamassas*. São Paulo: Editora Pini, 2004. (Téchne 88v. p42-45)

METHA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais*. 2.ed. São Paulo: Editora Pini, 1994. 248p.

NASCIMENTO, O. L. *Estudo do Comportamento de Aderência de Argamassas de Chapisco para Revestimentos sobre Superfícies de Concreto de Cimento Portland CP III*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2005. 277p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

OHAMA, Y. *Polymer-based Admixtures, Cement and Concrete Composites*, vol. 20, 1998, p. 189-212.

PRETTO, M. E. J. *Influência da Rugosidade Gerada pelo Tratamento Superficial do Substrato de Concreto na Aderência do Revestimento de Argamassa*. Porto Alegre: Escola de Engenharia da UFRGS, 2007. 261p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil).

SABBATINI, F. H. *Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Resistente*; Estudo Técnico ET-91. 2.ed. São Paulo: ABCP, 1998. 44p.

SANTOS, H. B. *Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2008. 50p. (Monografia, Especialização em Construção Civil).

SILVA, M. R. *Materiais de Construção*. 2.ed. São Paulo: Editora Pini, 1991.

TARTUCE, R., GIOVANNETTI, E. *Princípios Básicos sobre Concreto de Cimento Portland*. 1.ed. São Paulo: Editora Pini, 1990. 107 p.

YAZIGI, W. *A técnica de edificar*. 4.ed. São Paulo: Editora Pini/Sinduscon-SP, 2002. 669p.

**XXX**