

---

**"REVESTIMENTO EM ARGAMASSA:  
SOLUÇÃO ECONÔMICA PARA UMA OBRA  
MAIS SUSTENTÁVEL"**

Autor: Leonardo Araujo Borges

Orientador: Prof. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Fevereiro/2012

Leonardo Araujo Borges

**"REVESTIMENTO EM ARGAMASSA:  
SOLUÇÃO ECONÔMICA PARA UMA OBRA  
MAIS SUSTENTÁVEL"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização da Escola de  
Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador: Prof. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

Fevereiro/2012

## AGRADECIMENTOS

À Rivi e minha mãe Regina pelo incentivo  
na volta aos estudos depois de alguns anos.

Ao Gordo por sempre se preocupar  
todas as noites com meu retorno seguro pra casa.

Ao Cruzeiro Esporte Clube por tantas vezes me deixar  
feliz e algumas vezes triste (2011 pra ser esquecido,  
exceto a última partida) e ao Rock n' Roll  
por **sempre** me fazer feliz.

Ao cruzeirense prof. Antônio Júnior por acreditar  
que não iríamos cair pra segundona e pela orientação.

Aos meus colegas de sala:  
Luís Pedro, Augusto Ribeiro,  
Bruno Henrique, Gustavo Públio e  
André Pinto pela vivência  
de tantas jornadas no ano de 2011.  
A amizade é o que fica; o resto passa.

Keep rocking, guys! \,/

## ÍNDICE

Lista de Tabelas .....	7
Lista de Figuras .....	7
Lista de abreviaturas, compostos químicos e unidades .....	7
Resumo .....	10
1. Introdução .....	11
2. Objetivos e Metas .....	13
3. Sustentabilidade, Escassez de Recursos Naturais e Geração de Resíduos .....	14
3.1. E a Construção Civil? .....	16
3.2. Cerâmica de Revestimento: Um Grande Vilão da Geração de Resíduos da Construção .....	20
4. Revestimento em Argamassa .....	22
4.1. Breve Histórico das Argamassas .....	23
4.2. Principais Utilizações das Argamassas .....	24
4.2.1. Argamassa Para Revestimentos de Fachadas .....	24
4.2.2.1. Principais Pontos da Aplicação das Argamassas .....	32
4.2.2.2.1. Preparo das Argamassas .....	32
4.2.2.2.2. Aplicação das Argamassas e Demais Insumos .....	33
4.2.2.2.2.1. Primeira Subida .....	33
4.2.2.2.2.1.1. Fixação da Alvenaria.....	33
4.2.2.2.2.1.2. Preparo da Base do Revestimento (Limpeza e Reparo das Bases) .....	34
4.2.2.2.2.1.3. Mapeamento.....	35

<b>4.2.2.2.2. Primeira Descida.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2.2.2.1. Lavagem da Base.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2.2.2.2. Aplicação do Chapisco.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2.2.3. Segunda Subida.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2.2.3.1. Taliscamento.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2.2.3.2. Primeira Cheia.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2.2.4. Segunda Descida.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2.2.4.1. Aplicação da Argamassa.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2.2.4.2. Reforços.....</b>	<b>39</b>
<b>5. Acabamentos.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1. Pintura.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1.1. Sistema Acrílico e Sistema Vinílico (Tintas Látex) .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1.1.1. Tinta Látex Acrílica .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.1.2. Tinta Látex Vinílica ou PVA .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1.2. Textura .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.2.1. Contexto da Textura .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.2.2. Componentes Básicos .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1.2.3. Tipos, Composições, Usos e Características Técnicas .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1.2.3.1. Tinta à Base de Cimento .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1.2.3.2. Tinta Texturizada Acrílica .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2. Revestimento Cerâmico .....</b>	<b>50</b>

<b>5.2.1. Composições .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.2. Classificação da Cerâmica Segundo o Setor Industrial .....</b>	<b>52</b>
<b>5.2.3. Classificação dos Revestimentos Cerâmicos de Fachadas segundo Normas Técnicas .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2.4 Durabilidade e Classificação do Processo de Deterioração .....</b>	<b>58</b>
<b>6. Gastos Energéticos e Produção de CO<sub>2</sub> por Material .....</b>	<b>60</b>
<b>7. Aspectos Econômicos – Tintas x Cerâmicas .....</b>	<b>63</b>
<b>8. Conclusões .....</b>	<b>64</b>
<b>9. Bibliografia .....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Limites de resistência de aderência a tração (Ra) .....	28
<b>Tabela 2</b> – Resumo de gastos energéticos e de emissão de CO <sub>2</sub> .....	61
<b>Tabela 3</b> – Dados referentes aos materiais de construção .....	62
<b>Tabela 4</b> – Valor por m <sup>2</sup> de cerâmica .....	63
<b>Tabela 5</b> – Valor por m <sup>2</sup> de textura .....	63

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Reciclagem .....	18
<b>Figura 2</b> – Composição média dos entulhos .....	21
<b>Figura 3</b> – Alternativas do revestimentos externos de argamassa .....	26
<b>Figura 4</b> – Uso de pintura em revestimento de argamassa ed. luxo .....	41
<b>Figura 5</b> – Uso de pintura em revestimento de argamassa ed. popular .....	46
<b>Figura 6</b> – Exemplos de uso de revestimento cerâmico em fachada .....	53
<b>Figura 7</b> – Processo de fabricação de cerâmica de revestimento .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS, COMPOSTOS QUÍMICOS E UNIDADES

‰: porcentagem

°C: graus Celsius

ABC: Associação Brasileira de Cerâmica

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAFATI: Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas

ArchiCAD: programa de desenho em computadores para arquitetura e engenharia

a.C.: antes de Cristo

cm: centímetro(s)

Ca(OH)<sub>2</sub>: hidróxido de cálcio

CAD: desenho auxiliado por computador, na sigla em inglês (*computer-aided design*)

CAD-BIM: Ferramentas de informática chamadas Building Information Modeling (BIM) que representam uma nova geração de ferramentas CAD inteligentes orientadas ao objeto que gerenciam a informação da construção no ciclo de vida do projeto.

CO<sub>2</sub>: gás carbônico

EMO: European Mortar Industry Organization

EPUSP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

HCIA: Hellenic Cement Industry Association

Ibracon: Instituto Brasileiro do Concreto

ind: índice

jan.: janeiro

kg: quilograma(s)

kg/m<sup>2</sup>: quilogramas(s) por metro(s) quadrado(s)

kg/m<sup>3</sup>: quilograma(s) por metro(s) cúbico(s)

km: quilômetro(s)

MG: Minas Gerais

m<sup>2</sup>: metro(s) quadrado(s)

mm: milímetro(s)

MJ/m<sup>2</sup>: megajoule(s) por metro(s) quadrado(s)

MJ/m<sup>3</sup>: megajoule(s) por metro(s) cúbico(s)



MPa: megapascal

NBR: Norma Brasileira

p.: página(s)

PEI: classes de resistência à abrasão

PIB: Produto Interno Bruto

PVA: acetato de polivinila

PVC: cloreto de polivinila

Quant: quantidade

Ra: resistência de aderência a tração

R\$: real (unidade monetária brasileira)

U\$: dólar (unidade monetária estadunidense)

Un: unidade

Val. Unit.: valor unitário

Val. Tot.: valor total

## **RESUMO**

A exploração indiscriminada dos recursos naturais e energéticos tem feito o homem pensar sobre a possível escassez de materiais para que o planeta continue progredindo.

No contexto da construção civil a utilização de revestimento em argamassa, aliado à pintura/textura, e em detrimento ao revestimento cerâmico, torna-se uma alternativa econômica viável para fachadas, com menor utilização de material e conseqüentes menores gastos de recursos naturais e de energia, obtendo-se ainda um aspecto visual atraente.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o homem tem provocado uma exploração indiscriminada dos recursos naturais e energéticos do planeta a ponto de se questionar por quanto tempo ainda haverá matéria prima para que o mundo siga avançando em seu progresso. Todos os dias chegam mais e mais informações acerca do desmatamento descontrolado de árvores, da transformação de áreas de preservação em áreas de pastagens, da queima proibida de glebas inteiras de madeira para promoção do carvão, de bancas de areia clandestinas que foram fechadas ou que estão trabalhando sem controle algum, de assoreamento de rios e córregos causados por diversos fatores, da retirada de minerais do solo sem promover a reconstituição do local, do esgotamento de fontes de energia renováveis e não-renováveis e tantos outros exemplos.

Na construção civil brasileira a situação também é alarmante. PINTO (1999) mostra que no Brasil é gerada 0,52 tonelada de entulho por habitante/ano, representando de 54% a 61% da massa dos resíduos sólidos urbanos. O desperdício de materiais é assunto em todas as pautas de reunião de custos de empresas e isso tem também impacto direto no meio ambiente. Imaginemos o gasto de energia e o desprendimento de CO<sub>2</sub> que geramos para produzir argamassas, cerâmicas, tintas, cimentos, aços, madeiras e as demais dezenas de outros produtos que são utilizados em qualquer construção.

A proposta deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre revestimentos de argamassas em fachadas como acabamento sob o aspecto da sustentabilidade, restringindo o foco para um assunto específico dentro de uma obra mas ampliando a visão neste importante item da planilha de custos,

no sentido de se mostrar que é possível se obter uma diminuição nos gastos com produtos para revestimentos e ainda sim conseguir um invólucro atraente aos olhos de quem vai adquirir o bem imóvel, economizando recursos naturais para que outros possam fazer uso e para que o planeta siga em seu progresso.

## **2. OBJETIVOS E METAS**

Esta monografia tem o propósito de demonstrar que é possível se aliar sustentabilidade e economia para o revestimento de fachadas usando apenas argamassa e pintura e que isso não quer dizer que elas serão menos duráveis ou terão sua aparência comprometidas se comparadas àquelas com revestimentos cerâmicos tão difundidos em Belo Horizonte e no Brasil. Para tanto, objetiva-se fazer uma apresentação mais detalhada da geração de resíduos e de revestimento em argamassa, uma mostra de como são os processos de produção e as principais características de pintura e revestimento cerâmico, revelando no final um comparativo expresso entre estes dois acabamentos finais nos quesitos custo, geração de energia e emissão de CO<sub>2</sub> para a produção de cada um.

### **3. SUSTENTABILIDADE, ESCASSEZ DE RECURSOS NATURAIS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS**

O homem sempre buscou diferenciar-se dos animais e para isso instituiu a palavra "civilizado" para marcar bem sua diferença dos demais mamíferos, do qual ele faz parte. Essa busca de diferenciação levou o ser humano a desvincular-se da natureza, acreditando não fazer parte dela. Tanto é verdade, que quando nos referimos a meio ambiente pensamos em florestas, bosques, cachoeiras, animais silvestres e não nos inserimos no pensamento (DOLL, 2008).

De acordo com ALMEIDA, D. (2006), hoje em dia, a moderna concepção ambiental, define meio ambiente como um conjunto de relações humanas e não humanas, existindo o meio ambiente natural, o meio ambiente do trabalho, o meio ambiente cultural e o meio ambiente criado pelo homem, que seriam as cidades e etc.

Tudo é meio ambiente e este é patrimônio de todos, sendo também dever de todos preservá-lo para as presentes e futuras gerações, consoante a Carta Magna de 1988 preconiza. Então, urge que utilizemos os recursos naturais sem comprometer sua longevidade, utilizando a natureza sem devastá-la, almejando a qualidade de vida para as futuras gerações. Se o mundo adotasse o padrão de consumo americano, seriam necessários quatro planetas Terra para viabilizar nossa sobrevivência. Enquanto não se encontra nenhum outro planeta com condições para os seres humanos viverem temos a necessidade de conservar o nosso para a própria sobrevivência da espécie. Além do mais, mesmo que encontremos outro planeta, nós somos civilizados e justamente por esta característica devemos nos comportar como tal, e não

como parasitas. Neste sentido, o modelo de produção e consumo ocidentais são absolutamente destrutivos e representam uma grave ameaça ao futuro da humanidade.

Relatório da UNESCO (2005, p. 9) diz que: “Após vivermos durante séculos sem nos preocupar com o esgotamento dos recursos naturais do planeta, temos que aprender, agora, a viver de forma sustentável. E a maior parte deste desafio é estimular mudanças de atitude e comportamento na sociedade mundial, uma vez que nossas capacidades intelectuais, morais e culturais impõem responsabilidades para com os seres vivos e para com a natureza como um todo.”

No modelo atual de produção, os resíduos sempre são gerados seja para bens de consumo duráveis (edifícios, pontes e estradas) ou não-duráveis (embalagens descartáveis). Neste processo, a produção quase sempre utiliza matérias-primas não-renováveis de origem natural. Este modelo não apresentava problemas até recentemente, em razão da abundância de recursos naturais e menor quantidade de pessoas incorporadas a sociedade de consumo (JOHN, 1999; JOHN, 2000; CURWELL; COOPER, 1998; GÜNTHER, 2000).

Com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional e aumento de pessoas em centros urbanos e diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos se transformaram em graves problemas urbanos com um gerenciamento oneroso e complexo considerando-se volume e massa acumulados, principalmente após 1980. Os problemas se caracterizavam por escassez de área de deposição de resíduos causadas pela ocupação e valorização de áreas urbanas, altos custos sociais no

gerenciamento de resíduos, problemas de saneamento público e contaminação ambiental (JOHN, 1999; JOHN, 2000; BRITO, 1999; GÜNTHER, 2000; PINTO, 1999).

### **3.1. E A CONSTRUÇÃO CIVIL?**

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Dados recentes indicam que o macrocomplexo construção civil responde por 15% do PIB nacional (CONSTRUBUSINESS, 2003).

Além desta participação direta no PIB, destaca-se também o grande contingente de mão-de-obra direta empregada, que corresponde a 3,92 milhões de empregos, sendo o maior setor empregador da economia nacional (CONSTRUBUSINESS, 2003).

Para SOUZA, PALIARI, AGOPYAN E ANDRADE (2004) esta indústria é responsável por um consumo considerável de materiais, seja em quantidade ou diversidade. Comparando-se, por exemplo, com a indústria automobilística, o seu consumo, medido em massa de materiais demandados, chega a ser de 100 a 200 vezes maior.

Embora outras indústrias tenham problemas semelhantes, a ineficiência em alguns dos processos produtivos e, principalmente, o seu tamanho fazem com que a indústria da construção civil seja reconhecidamente uma grande geradora de resíduos. Estes aparecem tanto na construção civil informal quanto na formal.



O interesse em saber a quantidade de resíduos gerada pela indústria da construção civil existe há algum tempo, muitas vezes inserido na discussão da redução de desperdícios. A primeira referência nacional sobre essa questão, que suscitou uma discussão mais ampla sobre o assunto, foi o trabalho realizado por PINTO (1999).

Recentemente, o interesse no assunto tem se acirrado com a discussão de questões ambientais, uma vez que desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo (mais comumente denominado entulho de construção) ou sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões.

Soma-se a esse fato a escassez de locais para a deposição do resíduo gerado, principalmente nos grandes centros urbanos, o que ocasiona transtornos à população e demanda vultosos investimentos financeiros.

Assim, atualmente observa-se um grande potencial para a redução dos resíduos gerados na construção civil, haja vista os valores discrepantes das situações observadas nas poucas pesquisas realizadas sobre o assunto no país e no exterior, embora haja grande consciência sobre a necessidade de se utilizarem racionalmente os materiais nos canteiros de obras, seja por uma questão ambiental ou pela questão da competição entre as empresas construtoras (redução de custos), acentuada no início da década de 1990.

Durante a ECO-92 e a definição da Agenda 21, houve destaque para a necessidade urgente de se implementar um adequado sistema de gestão ambiental para os resíduos sólidos (GÜNTHER, 2000). Uma das formas de

solução para os problemas gerados é a reciclagem de resíduos (figura 1), em que a construção civil tem um grande potencial de utilização deles, uma vez que ela chega a consumir até 75% de recursos naturais (JOHN, 2000; LEVY, 1997; PINTO, 1999).



(a)



(b)

Figura 1 – (a) reciclagem de resíduos é forte alternativa ambiental para a construção civil; (b) figura traz uma usina de reciclagem de entulho em Belo Horizonte/MG.

Na verdade, sabe-se que ações isoladas não irão solucionar os problemas advindos destes resíduos e que a indústria deve tentar fechar seu ciclo produtivo de tal forma que minimize a saída de resíduos e a entrada de matérias-primas não renováveis (DORSTHORST; HENDRIKS, 2000).

De uma forma geral, estes ciclos para a construção tentam aproximar a construção civil do conceito de desenvolvimento sustentável, entendido aqui como um processo que leva à mudanças na exploração de recursos, na direção dos investimentos, na orientação do desenvolvimento tecnológico e nas mudanças institucionais, todas visando a harmonia e o entrelaçamento nas

aspirações e necessidades humanas presentes e futuras. Este conceito não implica somente multidisciplinariedade, envolve também mudanças culturais, educação ambiental e visão sistêmica (BRANDON, 1998; ANGULO, 2000; JOHN, 2000; ZWAN, 1997).

Embora a redução na geração de resíduos seja sempre uma ação necessária, ela é limitada, uma vez que existem impurezas na matéria-prima, e isso envolve custos e patamares de desenvolvimento tecnológico (SOUZA et al., 1999; JOHN, 2000).

Desta forma, a reciclagem na construção civil pode gerar inúmeros benefícios como os citados abaixo:

- Redução no consumo de recursos naturais não-renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados (JOHN, 2000);
- Redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem. Destaca-se aqui a necessidade da própria reciclagem dos resíduos de construção e demolição, que representam mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999);
- Redução do consumo de energia durante o processo de produção. Destaca-se a indústria do cimento, que usa resíduos de bom poder calorífico para a obtenção de sua matéria-prima (co-incineração) ou utilizando a escória de alto-forno, resíduo com composição semelhante ao cimento (JOHN, 2000);
- Redução da poluição. Por exemplo para a indústria de cimento, que reduz a emissão de gás carbônico utilizando escória de alto forno em substituição ao cimento portland (JOHN, 1999).

### **3.2. CERÂMICA DE REVESTIMENTO: UM GRANDE VILÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

Para JOHN, V.M. & AGOPYAN V. (2002) os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em:

- solos;
- materiais “cerâmicos”: rochas naturais; concreto; argamassas a base de cimento e cal; resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento; cimento-amianto; gesso – pasta e placa; vidro;
- materiais metálicos: aço para concreto armado, latão, chapas de aço galvanizado, etc.;
- materiais orgânicos: madeira natural ou industrializada; plásticos diversos; materiais betuminosos; tintas e adesivos; papel de embalagem; restos de vegetais e outros produtos encontrados na limpeza de terrenos.

A proporção entre estas fases é muito variável e depende da origem. Resíduos produzidos por manutenção de obras de pavimentação, naturalmente, vão apresentar composição compatível com os materiais empregados, revelando especialmente asfaltos.

A Figura 2 apresenta a composição típica dos resíduos recebidos no aterro de Itatiba em São Paulo. Estes entulhos são originados predominantemente de atividades de construção de edifícios. A fração predominante é a de natureza cerâmica, seguida pelo solo.

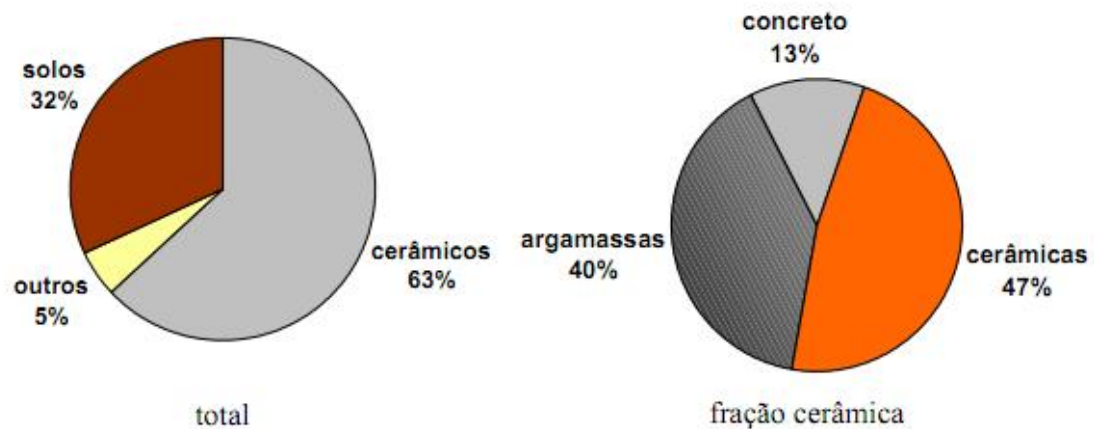


Figura 2 - Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatiba, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

A maioria absoluta das cerâmicas dentro desta fração cerâmica é sabidamente dos entulhos advindos da cerâmica vermelha. Entretanto, é significativa a contribuição das cerâmicas de revestimento para que os materiais cerâmicos sejam tão representativos na geração de entulho; muito mais do que as tintas.

#### **4. REVESTIMENTO EM ARGAMASSAS**

Segundo SILVA (2008) argamassa é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Para CARASEK (2007) as argamassas são materiais muito empregados na construção civil, sendo os seus principais usos no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para a regularização de pisos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra.

De acordo com FIORITO (1994) e citado por CARVALHO JR. (2005), as argamassas utilizadas em obras são comumente compostas de areia natural lavada e os aglomerantes são em geral o cimento portland e a cal hidratada. O autor ainda distingue as argamassas de cimento e argamassa de cimento e cal de acordo com as diversas situações de exposição e desempenho requeridos. Exemplos de argamassas de cimento: argamassa de chapisco (devido ao ganho de resistência a curto prazo) e argamassa de pisos cimentados (devido à exigência de resistência mecânica e ao desgaste). Exemplos de argamassas de cimento e cal: argamassas para revestimento (emboço) de forros e paredes (devido ao fato das argamassas de cimento, apesar de mais resistentes, apresentarem pior trabalhabilidade, a adição de cal auxiliar no sentido de torná-las mais plásticas e facilitar o acabamento).

#### **4.1. BREVE HISTÓRICO DAS ARGAMASSAS**

Os primeiros registros de emprego de argamassa como material de construção são da pré-história, há cerca de 11.000 anos. No sul da Galiléia, próximo de Yiftah'el, em Israel, foi descoberto em 1985, quando de uma escavação para abrir uma rua, o que hoje é considerado o registro mais antigo de emprego de argamassa pela humanidade: um piso polido de 180 m<sup>2</sup>, feito com pedras e uma argamassa de cal e areia, o qual se estima ter sido produzido entre 7.000 a.C. e 9.000 a.C. (European Mortar Industry Organization – EMO, 2006; Hellenic Cement Industry Association – HCIA, 2006). O segundo registro mais antigo é de 5.600 a.C., em uma laje de 25 cm de espessura, também executada com argamassa de cal, no pátio da Vila de Lepenske-Vir, hoje Iugoslávia. A partir daí existem vários registros do emprego de argamassas de cal e gesso pelos egípcios, gregos, etruscos e romanos.

Como visto, as argamassas mais antigas eram à base de cal e areia. No entanto, com as alterações das técnicas de construção, novos materiais foram desenvolvidos. As argamassas modernas geralmente possuem em sua composição também o cimento portland e, muito freqüentemente, aditivos orgânicos para melhorar algumas propriedades, como a trabalhabilidade. Esses aditivos são, por exemplo, os incorporadores de ar que modificam a reologia da massa fresca pela introdução de pequenas bolhas de ar, ou mesmo os aditivos retentores de água (à base de ésteres de celulose, os quais regulam a perda da água de amassamento). Já no final do século XIX surgiram, na Europa e nos Estados Unidos, as argamassas industrializadas, misturas prontas, dosadas em plantas industriais, para as quais, na obra, só é necessária a adição de água (EMO, 2006).

## **4.2. PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES DAS ARGAMASSAS**

As argamassas são divididas pelas principais utilizações em 4 grandes grupos:

- 1 – Argamassas para assentamento de alvenaria;
- 2 – Argamassas para contrapisos;
- 3 – Argamassas para revestimentos (internos e externos);
- 4 – Argamassas colantes e rejuntamentos.

Serão abordadas somente as argamassas para revestimentos externos (exclusivamente os de fachadas), principalmente argamassas à base de cimento portland e cal ou de cimento portland e aditivos.

### **4.2.1. ARGAMASSA PARA REVESTIMENTOS DE FACHADAS**

De acordo com SABBATINI; SELMO e SILVA (1988) e citados por PEREIRA JR. (2010) são as principais funções dos revestimentos:

- Proteger as vedações e a estrutura contra a ação de agentes agressivos, e por consequência, evitar a degradação precoce das mesmas, sustentar a durabilidade e reduzir os custos de manutenção dos edifícios;
- Regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir de base para a aplicação do acabamento final; funções estéticas, de acabamento e aquelas relacionadas com a valorização da construção ou determinação do edifício.



Para CARASEK (2007), a argamassa de revestimento é utilizada para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, etc. O revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas com características e funções específicas, conforme definido a seguir e ilustrado na Figura 3.

- Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.
- Emboço: camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo (por exemplo, cerâmica).
- Reboco: camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo (por exemplo, pintura) ou que se constitua no acabamento final.
- Camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como, por exemplo, a pintura; também chamado popularmente de “massa única” ou “reboco paulista” é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil.

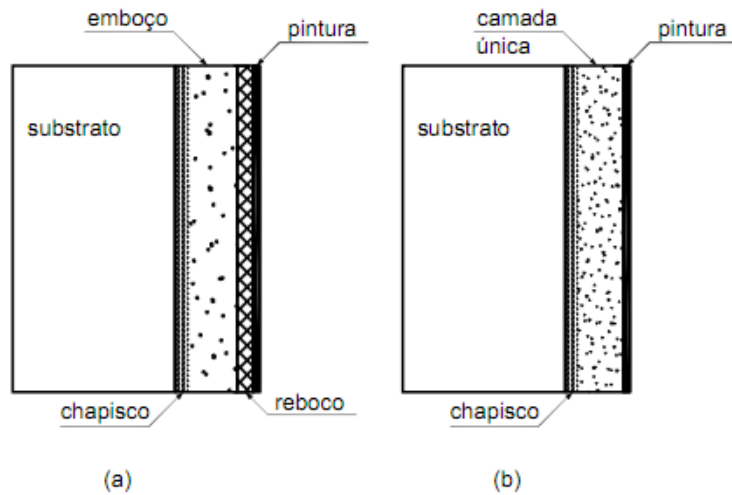


Figura 3 – Alternativas do revestimentos externos de argamassa: (a) emboço + reboco + pintura; e (b) camada única + pintura.

As principais funções de um revestimento externo de argamassa são:

- Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo;
- Integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico (~30%), isolamento acústico (~50%), estanqueidade à água (~70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

Visando satisfazer às funções citadas anteriormente, algumas propriedades tornam-se essenciais para essas argamassas, a saber:

- trabalhabilidade, especialmente consistência, plasticidade e adesão inicial;
- aderência;
- permeabilidade à água;
- resistência mecânica, principalmente a superficial;

- propriedades requeridas pelos sistema de vedação;
- durabilidade;
- características superficiais;
- capacidade de absorver deformações;
- eficiência.

A **trabalhabilidade** é a propriedade que garantirá não só condições de execução, como também o adequado desempenho do revestimento em serviço. Deve-se ajustar a trabalhabilidade da argamassa à sua forma de aplicação em obra. Assim, relativo à aplicação, a **consistência** e a **plasticidade** da argamassa deverão ser diferentes se a argamassa for aplicada por meio de colher de pedreiro (aplicação manual), ou se for projetada mecanicamente, em equipamento onde a massa é bombeada através do mangote e projetada na pistola com auxílio de ar comprimido. No segundo caso, as argamassas devem ter uma consistência mais fluida e, principalmente, uma alta plasticidade, que permitirá seu bombeamento. Além disso, se a argamassa não possuir a trabalhabilidade satisfatória e não garantir a sua correta aplicação, haverá prejuízo ao desempenho do revestimento, uma vez que várias propriedades da argamassa no estado endurecido serão afetadas pelas condições de aplicação (estado fresco), como é o caso da aderência.

Outra propriedade essencial, também associada à trabalhabilidade, é a **adesão inicial**, ou seja, a capacidade de união da argamassa no estado fresco ao substrato (parede, por exemplo). Ao ser lançada à parede, a argamassa deve se fixar imediatamente à superfície, sem escorrer ou desprender, permitindo manipulações que visam espalhá-la e acomodá-la corretamente, além de garantir o contato efetivo entre os materiais (o que proporcionará a

aderência após o seu endurecimento). Ainda no estado fresco, após a aplicação da argamassa, será importante controlar a retração plástica, propriedade relacionada à fissuração do revestimento.

No estado endurecido, a propriedade fundamental é a **aderência**, sem a qual o revestimento de argamassa não atenderá a nenhuma de suas funções. A aderência é a propriedade que permite ao revestimento de argamassa absorver tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com o substrato. Essa propriedade é uma das poucas que possui critério de desempenho especificado em norma no Brasil, conforme apresentado na Tabela 1.

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

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência a tração (Ra) para revestimentos de argamassa de paredes (emboço e camada única), segundo a NBR 13749/96).

Já a **permeabilidade à água** é a propriedade que está relacionada com a função de estanqueidade da parede, muito importante quando se trata de revestimentos de fachada. Esse atributo é primordial quando o edifício está situado em região de alto índice de precipitação pluviométrica, pois o revestimento tem como função proteger o edifício da infiltração de água. Caso contrário, a umidade infiltrada pelas paredes causará problemas que comprometem tanto a higiene e a saúde dos usuários, como a estética do

edifício, além de estar associada às manifestações patológicas como eflorescências, descolamentos e manchas de bolor e mofo. Essa propriedade assume maior importância no caso dos revestimentos de argamassa que não receberão mais nenhum tipo de acabamento final, como a pintura ou o revestimento cerâmico, caso do revestimento decorativo monocamada – RDM. No entanto, de nada adianta uma argamassa de baixa permeabilidade à água, se o revestimento estiver todo fissurado, permitindo a penetração da água pelas aberturas. Da mesma forma, ocorrerá enorme prejuízo à estanqueidade caso o revestimento esteja descolado.

O revestimento de argamassa deve também apresentar **capacidade de absorver pequenas deformações**, para se deformar sem ruptura ou por meio de microfissuras, de maneira a não comprometer a sua aderência, estanqueidade e durabilidade. Essa complexa propriedade está associada ao módulo de elasticidade e à **resistência mecânica** das argamassas e influenciará tanto na fissuração como na aderência dos revestimentos. A resistência mecânica diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento. Esforços como o desgaste superficial, impactos ou movimentação higroscópica são exemplos de solicitações que exigem resistência mecânica dos revestimentos, pois geram tensões internas que tendem a desagregá-los (SELMO, 1989). Um dos principais problemas nos revestimentos, associado à resistência mecânica da argamassa, é a baixa resistência superficial, que se traduz na pulverulência,

prejudicando a fixação das camadas de acabamento, como a pintura ou, mais grave ainda, as peças cerâmicas.

**Propriedades Requeridas pelo Sistema de Vedação:** nas alvenarias de vedação correntes, feitas com componentes de baixa resistência mecânica e às vezes até sem a existência de junta vertical, diversas propriedades são integralizadas pelos revestimentos, a saber: estanqueidade à águas e a gases, isolamento acústico e resistência ao fogo, entre outras.

Até mesmo os elementos de vedação em concreto armado podem ter suas funções integralizadas pelos revestimentos argamassados à base de cal. Apesar da natureza da argamassa os revestimentos podem ter funções de estanqueidade sobre o concreto.

Constitui-se, por exemplo, em barreira à penetração de agentes agressivos como gás carbônico atmosférico, indesejável nos concretos porosos por concorrer para sua carbonatação, com possibilidade de despassivação e corrosão das armaduras.

**Características Superficiais:** As características superficiais dos revestimentos dizem respeito principalmente à sua textura. Esta pode variar de lisa a áspera sendo basicamente função da granulometria, do teor agregado (fração mais grossa) e da técnica de execução do revestimento. Além disso, os revestimentos devem constituir-se em uma superfície plana, nivelada, sem fissuras e resistente a danos. Deve também haver compatibilidade química entre o revestimento e o acabamento final previsto. No caso de tintas a óleo, por exemplo, sabe-se que não há compatibilidade com revestimentos à base

de argamassa de cal. A técnica de execução de revestimentos com desempenadeira de aço contribui para a obtenção de uma textura bastante lisa.

Ensaio em campo realizados pela EPUSP, revelaram que tal técnica deve ser melhor estudada face à excelente textura que confere aos revestimentos.

Pode ser recomendada em determinadas situações desde que não prejudique a aderência da massa corrida ou da pintura, nem se verifique um nível de fissuração incompatível por excesso de pasta na superfície.

**Durabilidade:** A durabilidade dos revestimentos argamassados, ou seja, a capacidade de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo, é uma propriedade complexa e depende de inúmeros fatores: da etapa de projeto onde a adequação do material é analisada e é indispensável a correta especificação do revestimento; da etapa de execução em que são determinantes as características dos materiais utilizados e as condições de execução dos serviços; e da etapa de uso em que o serviço de manutenção precisa ser automático e periódico.

É a propriedade que reflete o desempenho do revestimento durante sua vida útil, sendo que os seguintes fatores são inversamente proporcionais à durabilidade: fissuração do revestimento, espessura excessiva, a cultura e proliferação de microorganismos, qualidade das argamassas e falta de manutenção.

**Eficiência:** A eficiência é uma propriedade resultante do binômio "custo x benefício". Para maximizar esta propriedade no caso dos revestimentos argamassados, é necessário racionalizar as decisões de projeto,

o emprego de materiais, a dosagem de argamassas, bem como, a execução e manutenção dos revestimentos. Entretanto, isto só pode ser conseguido às custas da implantação de um projeto e de planejamento e controle eficiente de todas as etapas do processo construtivo, que é o objetivo a ser alcançado.

#### **4.2.2.1. PRINCIPAIS PONTOS DA APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS**

Até que seja conseguida a aplicação da argamassa na fachada, várias etapas devem ser vencidas, dentre elas a etapa de projeto, a de treinamento de mão de obra, a de análise do microclima do local em que será aplicada, dentre outros. Entretanto, neste trabalho somente serão comentadas as partes principais da execução.

##### **4.2.2.2.1. PREPARO DAS ARGAMASSAS**

Quando utilizada argamassa industrializada, os fabricantes devem instruir a equipe técnica da obra e a mão-de-obra para que sejam atendidas as recomendações de preparo, aplicação e rendimento de produto, garantindo, assim, o desempenho esperado. Quando argamassa preparada em obra, estas instruções ficam a cargo do projetista (CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. (2005)).

Nesta fase a maioria das definições técnicas já foi informada no projeto e no treinamento, restando somente dois itens a serem definidos, pois dependem de fatores climáticos de difícil previsão durante as fases de projeto e planejamento:



- acerto de dosagem dos materiais; e
- tempo de mistura, descanso e tempo-limite de uso.

#### **4.2.2.2.2. APLICAÇÃO DAS ARGAMASSAS E DEMAIS INSUMOS**

A aplicação das argamassas e demais insumos está diretamente ligada à seqüência do movimento do balancim ou à seqüência e trajetória dos serviços no andaime fachadeiro. Sua seqüência será dividida em subidas e descidas dos serviços.

##### **4.2.2.2.2.1. PRIMEIRA SUBIDA**

Na primeira subida são feitos os serviços de fixação da alvenaria, preparo da base e mapeamento. O mapeamento, em função da geometria da edificação ou a critério da mão-de-obra, poderá ser executado na primeira descida.

##### **4.2.2.2.2.1.1. FIXAÇÃO DA ALVENARIA**

A fixação externa da alvenaria às vigas e lajes deve ser completada com argamassa cimentícea especificada para esse fim. O preenchimento da abertura deverá ser completo, sem vazios ou rebarbas.

As orientações para o preparo e aplicação desta argamassa deverão ser fornecidas pelo fabricante e/ou projetista.

#### **4.2.2.2.1.2. PREPARO DA BASE DO REVESTIMENTO (LIMPEZA E REPARO DAS BASES)**

A aderência do revestimento está relacionada diretamente com o grau de absorção da base, que propicia a microancoragem, e com a rugosidade superficial, que contribui para a macroancoragem. A limpeza da base é fundamental para permitir a correta absorção e conseqüente aderência dos revestimentos.

- **Estrutura de concreto:** As principais patologias de revestimento que ocorrem sobre as bases de concreto advem da limpeza incorreta de resíduos de desmoldantes e acúmulos de nata provenientes da fase da execução de estrutura. Assim, a superfície deverá ser escovada energicamente com escovas dotadas de cerdas de aço, se possível mecanicamente e/ou apicoadas com ferramentas apropriadas. Toda superfície contaminada por desmoldante e outras impurezas deve ser rigorosamente limpa.

A superfície do concreto, após esta operação, deve apresentar os poros abertos, tornando-se mais áspera, o que potencializa a microancoragem e a macroancoragem.

Durante a execução desta operação todas as anomalias na estrutura, tais como rebarbas, pontas de ferros, nichos, orifícios oriundos dos tirantes, devem ser removidas ou recuperadas utilizando-se técnicas e materiais específicos para esse fim.

- **Alvenaria de bloco cerâmico ou blocos de concreto:** Os blocos que compõem a alvenaria devem ter a sua superfície áspera e sem sinais de

contaminação ou impregnação. Caso apresentem estes sinais, as superfícies deverão ser limpas e/ou reparadas.

Os reparos dos buracos devem ser feitos utilizando-se a mesma argamassa do revestimento. As rebarbas devem ser removidas com uma colher de pedreiro ou talhadeira e marreta leve.

Caso ocorra o aparecimento de fissuras nos blocos ou na argamassa de assentamento, a causa geradora deve ser identificada e eliminada. As fissuras deverão ser tratadas ou reforçadas com telas especificadas no projeto.

#### **4.2.2.2.1.3. MAPEAMENTO**

O objetivo do mapeamento é obter as distâncias entre os arames e a fachada em pontos localizados nas vigas, alvenarias e pilares, para a definição das espessuras dos revestimentos.

O posicionamento dos arames deve seguir a seguinte seqüência:

- deve-se identificar os eixos da estrutura na platibanda;
- o afastamento inicial dos arames em relação às platibandas deverá ter sido previamente definido;
- recomenda-se locar dois arames em cada lado das quinas distanciadas de 10 cm a 15 cm, bem como dois arames nas laterais das janelas;
- o afastamento máximo entre os arames deve ser menor que o comprimento das réguas a serem utilizadas no sarrafeamento; e
- o registro das espessuras entre o arame e as bases deverá ser fornecido ao projetista, que estabelecerá as espessuras dos revestimentos, os ajustes e os locais que devem ser reforçados.

#### **4.2.2.2.2. PRIMEIRA DESCIDA**

Na primeira descida são feitos os serviços de lavagem e inspeção das bases (alvenaria e estrutura) e aplicação do chapisco.

##### **4.2.2.2.2.1. LAVAGEM DA BASE**

Deverá ser efetuada a limpeza das bases (estrutura e alvenaria) com a utilização de escova de nylon/piaçava e lavagem por hidrojateamento.

A lavagem deve ser feita na descida do balancim, de modo a não contaminar superfícies já limpas.

##### **4.2.2.2.2.2. APLICAÇÃO DO CHAPISCO**

A especificação da aplicação já deve ter sido feita na fase de projeto e planejamento. Naquela fase, a forma de aplicação, espessura e as ferramentas já foram definidas e explicadas nos treinamentos.

Nesta fase é necessário que a equipe técnica da obra e a da mão-de-obra verifiquem se está sendo possível praticar as especificações estabelecidas na fase de execução dos painéis protótipos, especialmente porque a fase de execução deste serviço pode ocorrer em época distinta daquela em que foram executados os painéis protótipos.

Se houver dificuldades na execução desse serviço, é função do projetista e do fabricante do chapisco promoverem as correções necessárias.

Normalmente são utilizados chapiscos diferentes em bases diferentes (estrutura e alvenaria). Atenção especial deve ser dada ao nível de umidade

presente nas bases para a aplicação de cada tipo de chapisco, e isso deve ser definido pelo projetista/fabricante do chapisco.

Recomenda-se a cura úmida do chapisco mediante a utilização de uma névoa de água, durante o maior período possível. Isso pode ser executado com equipamento de aspersão de água no balancim antes da etapa do dia seguinte e/ou através das janelas.

#### **4.2.2.2.3. SEGUNDA SUBIDA**

Na segunda subida são feitos os serviços de inspeção dos chapiscos, taliscamento e primeira cheia.

##### **4.2.2.2.3.1. TALISCAMENTO**

Deve-se executar taliscas com material cerâmico em pedaços de 5 x 5 cm, fixadas com a mesma argamassa que será utilizada no emboço, em toda a extensão da fachada, no alinhamento dos arames. O espaçamento das taliscas deverá ter, no máximo, o comprimento da régua de sarrafeamento. A espessura de cada talisca é aquela definida pelo projetista após o mapeamento.

##### **4.2.2.2.3.2. PRIMEIRA CHEIA**

Nos trechos onde o taliscamento indicar necessidade de revestimento com espessura superior ao valor máximo estipulado pela empresa fornecedora da argamassa e/ou pelo projetista, para aplicação da argamassa numa única

etapa, deverá ser aplicada a primeira cheia, adotando-se reforços com tela ou outro recurso previsto no projeto. Este procedimento deve ser adotado sob a orientação do projetista ou fabricante de argamassa.

#### **4.2.2.2.4. SEGUNDA DESCIDA**

Na segunda descida são feitos os serviços de aplicação da argamassa, reforços, juntas e frisos.

##### **4.2.2.2.4.1. APLICAÇÃO DA ARGAMASSA**

A aplicação da argamassa deve ser feita com a observação dos seguintes procedimentos:

- obedecer ao tempo de cura do chapisco especificado no projeto;
- executar mestras verticais entre taliscas contíguas;
- aplicar a argamassa com a energia de impacto estabelecida no projeto no caso de aplicação mecânica. No caso de aplicação manual, recomenda-se a maior energia de impacto possível completando com a execução do aperto nas chapadas com as costas da colher de pedreiro;
- sarrafejar e desempenar após o tempo de puxamento, utilizando tipo de desempenadeira (madeira, PVC) compatível com a rugosidade superficial pretendida para o revestimento (função do acabamento previsto pela arquitetura); compactar a argamassa com a desempenadeira, sem excesso de alisamento;
- retirar as taliscas e proceder aos preenchimentos necessários;

- executar os frisos horizontais e verticais previstos no projeto, requadrar os vãos de janela com ferramentas adequadas, anteriormente previstas no projeto; e
- assentar ou moldar in loco os peitoris.

#### **4.2.2.2.4.2. REFORÇOS**

Deverão ser executados conforme especificados e detalhados em projeto.

Os rolos de tela deverão ser adquiridos com dimensões convenientes para se evitarem desperdícios. O corte das telas deverá ser planejado pela equipe técnica da obra e executado no canteiro.

Após a execução dos cortes, no caso de telas metálicas galvanizadas, elas deverão ser aplainadas antes de serem levadas aos balancins.

Os procedimentos para o posicionamento e fixação das telas nas fachadas deverão ser detalhados nos projetos.

## **5. ACABAMENTOS**

### **5.1. PINTURA**

Segundo CUNHA, A. (2011) a tinta é uma composição líquida que depois de aplicada sobre uma superfície, passa por um processo de secagem se transformando em um filme sólido.

UEMOTO (2005) destaca que as pinturas “representam a parcela mais visível de uma obra, tem grande influência no desempenho e durabilidade das edificações e dão o toque final que valoriza o empreendimento”.

De modo geral, as tintas/texturas têm a função combinatória de decorar, dar acabamento e proteger a parte mais visível e exposta de um edifício. A proteção é a sua função primordial, agindo no sentido de prolongar a durabilidade dos elementos estruturais e de vedação evitando a ação direta de agentes agressivos. As funções estéticas e decorativas contribuem para uma boa aparência influenciando a definição do padrão do edifício. As tintas/texturas se mostram como um meio fácil e barato de valorização de imóveis através do apelo de cores e efeitos de acabamento.

No mercado encontra-se uma extensa variedade de tipos de tintas graças ao desenvolvimento de melhores resinas, pigmentos e formulação variada e computadorizada disponibilizada pela maioria dos fabricantes. O avanço tecnológico possibilitou o lançamento de produtos cada vez mais inovadores em que é possível encontrar produtos que tenham ainda funções técnicas especiais como reduzir a absorção de água, melhorar aspectos de higiene, resistência à abrasão, resistência ao crescimento de fungos, anti-estática, conforto térmico, entre outros.



O Brasil está entre os cinco maiores mercados mundiais de tintas e o segmento mais conhecido é o de tintas imobiliárias que representa 76% do volume total de produção e 59% do faturamento do setor no país. Tal porcentagem corresponde ao consumo de 662 milhões de litros e a U\$792 milhões de faturamento segundo dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2006).

De acordo com os estudos de BRITEZ, A.A. (2007) as pinturas são amplamente utilizadas como camada de acabamento de revestimentos externos de argamassa. Além de serem coerentes com a tradição construtiva brasileira, as pinturas apresentam um bom desempenho funcional e econômico.



Figura 4 – Exemplos de uso de pintura em revestimento de argamassa na fachada de edifício de luxo de consórcio das construtoras Canopus, Alicerce e Castor na Zona Centro-Sul de Belo Horizonte/MG. (Fonte: Site Canopus – 2012).

### **5.1.1. SISTEMA ACRÍLICO E SISTEMA VINÍLICO (TINTAS LÁTEX)**

As tintas látex merecem uma abordagem especial por serem as tintas mais consumidas na construção civil. A disseminação de seu uso é atribuída à facilidade de aplicação e de manuseio, bem como a possibilidade de se obter diversos tipos de acabamentos.

A denominação tinta látex deriva do aspecto das emulsões utilizadas no processo de fabricação, que se assemelham ao produto da seringueira conhecido como látex.

São encontradas diversas formulações para obtenção de tinta látex, com diferentes acabamentos (fosco, acetinado, semibrilho e brilhante) com indicações de uso para área interna e externa. O aspecto de brilho obtido nas pinturas látex depende, dentre outros fatores, do tipo de emulsão (vinílica e acrílica) utilizada em sua composição, do peso molecular e da temperatura mínima de formação de filme destas emulsões. Já as propriedades serão influenciadas, além dos tipos de emulsões, pela distribuição do tamanho de partículas dos polímeros, sua flexibilidade, resistência à água, dureza, teor de resinas, brilho, resistência à abrasão, poder de cobertura de tinta úmida, porosidade, suscetibilidade à impregnação de sujeiras, absorção de água por capilaridade, entre outros.

No mercado, as tintas látex são classificadas de acordo com a área de aplicação indicada sendo que, por via de regra, o tipo de tinta destinada à aplicação em superfícies internas possuem menor resistência às intempéries que o tipo destinado às superfícies externas. As designações Látex PVA e Látex Acrílico nem sempre correspondem à composição da tinta. Essa

designação é utilizada pelo fato do consumidor associar estes dois tipos de resinas ao desempenho da tinta, sendo que a tinta de base acrílica é considerada como a de maior durabilidade, menor permeabilidade e maior aderência.

Após uma pesquisa de mercado pode-se considerar que o mesmo agrupa as tintas látex em cinco classes as quais recebem as designações: Vinil acrílica, Látex PVA, Acrílica Fosca, Acrílica Acetinada e Acrílica semibrilho. (SILVA E UEMOTO, 2005)

#### **5.1.1.1. TINTA LÁTEX ACRÍLICA**

- Composição: formulação com dispersão de polímeros acrílicos ou estireno acrílico, cargas, aditivos, pigmentos como dióxido de titânio e/ou pigmentos coloridos.
- Acabamento: semibrilho (externo) ou fosco aveludado (interno).
- Usos: superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento, cal, argamassa, concreto, bloco de concreto, cimento amianto, gesso e cerâmica não vitrificada.
- Características técnicas: dispersão aquosa isenta de solventes orgânicos, liberando baixo teor de orgânicos voláteis (baixa toxicidade), fácil aplicação e secagem rápida. Alta durabilidade, resistência de aderência, resistência à água, à luz solar e à alcalinidade se comparado à tinta látex PVA. As películas são mais porosas (permeáveis) se comparadas à tintas à óleo e esmaltes e menos porosas do que a tinta látex PVA. Por ser menos porosa que a PVA, as tintas acrílicas

dificultam a absorção de água para o substrato. Considerando ambientes externos de baixa agressividade, sua vida útil até a primeira repintura é de 5 anos. (UEMOTO, 2005)

#### **5.1.1.2. TINTA LÁTEX VINÍLICA OU PVA**

- Composição: formulação com dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVA), cargas, aditivos, pigmentos como dióxido de titânio e/ou pigmentos coloridos;
- Acabamento: semibrilho (externo) ou fosco aveludado (interno);
- Usos: superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento, cal, argamassa, concreto, bloco de concreto, cimento amianto, gesso e cerâmica não vitrificada;
- Características técnicas: dispersão aquosa isenta de solventes orgânicos, liberando baixo teor de orgânicos voláteis (baixa toxicidade), fácil aplicação e secagem rápida. Permite a aplicação da segunda demão no mesmo dia com intervalos de 4 horas, aproximadamente. Menor resistência de aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade se comparada ao sistema acrílico. As películas são mais porosas (permeáveis) se comparadas às tintas à óleo, esmaltes e acrílicas oferecendo, portanto, maior velocidade de evaporação da água absorvida pelo substrato. Considerando ambientes externos de baixa agressividade, sua vida útil até a primeira repintura é de 3 anos. (UEMOTO, 2005).

## **5.1.2. TEXTURA**

### **5.1.2.1. CONTEXTO DA TEXTURA**

As principais denominações presentes no mercado brasileiro para esse tipo de revestimento são: revestimento decorativo, revestimento texturizado, revestimento texturado, textura, argamassa texturizada, revestimento plástico, revestimento de quartzo, graffiato, massa texturizada, entre outros. Porém, independente da variabilidade de denominação, todas elas são argamassas responsáveis por conceder acabamento e proteção ao substrato, através de diversos efeitos decorativos. Devido a sua conformação superficial, os revestimentos plásticos foram denominados como texturas, disseminando a nomenclatura por todo o país. Para maior entendimento e por ser o termo mais conhecido e utilizado no mercado, os revestimentos plásticos serão designados como texturas, no presente estudo.

De origem francesa, os países europeus foram os pioneiros na utilização deste material denominado de revestimento plástico, há cerca de 60 anos. No Brasil foi introduzido por volta da década de 60, tendo como composição básica grãos de quartzo ou dolomita pigmentados artificialmente, agregados com resina.

Devido aos efeitos decorativos fornecidos por este revestimento, é provável quem tenham sido concebidos baseados no estuque, técnica oriental de revestimento milenar (registros de 2000 a.C) que consiste na argamassa à base de cal hidratada, areia e pó de rocha ou mármore.

Com o advento do processo de fabricação de tinta por emulsão acredita-se que as texturas não demoraram a surgir, visto que se diferem da

tinta apenas por apresentarem consistência pastosa e por conter cargas minerais com maior imersão e granulometria variável, sendo assim mais guarnecidas e espessas.

No mercado brasileiro, a textura tem sido muito empregada na construção civil devido à possibilidade de agregar às superfícies efeitos estéticos diferentes das pinturas tradicionais de acabamento liso, com inúmeras opções de texturas e nuances de cores.

As texturas são aplicadas em uma espessura de 1 a 3 mm sendo capazes de esconder possíveis imperfeições do substrato. Sua durabilidade, superior ao das pinturas, é de 10 à 15 anos desde que devidamente aplicado e especificado. A partir deste tempo, a textura pode apresentar ressecamento, perda de flexibilidade e fissuras devido à exposição prolongada. (BRITTEZ, 2007).



Figura 5 – Exemplos de uso de textura em revestimento de fachada de edifícios da MRV Engenharia com acabamento popular na Zona Norte de Belo Horizonte/MG. (Arquivo Pessoal – 2010)

### **5.1.2.2. COMPONENTES BÁSICOS**

Assim como as tintas, a formulação das texturas interfere no seu desempenho. De modo geral elas são compostas por ligantes sintéticos (geralmente resina acrílica), cargas minerais, aditivos, veículo volátil e pigmentos, quando se quer cor.

- Os ligantes sintéticos são as resinas em emulsões e as resinas em solução de natureza orgânica. Assim como nas tintas, o ligante é o principal componente, pois é responsável por unir os componentes entre si e aderir ao substrato. Se o teor de resina for baixo ou de má qualidade, pode acarretar em perda na durabilidade, flexibilidade e coesão (BECERE, 2007; BRITZ 2007);
- As cargas são partículas sólidas maiores ou iguais a 0,25mm que compõe a camada decorativa, contribuindo para dar corpo ao revestimento através de uma estrutura densa. As tintas também possuem cargas, porém possuem aspecto mais granular. Assim como as cargas das tintas, as cargas para texturas podem ser mineiras naturais e/ou sintéticas e também são responsáveis pela resistência à intempéries, ao risco, reduz o brilho, altera as características de deformação e sedimentação. As principais cargas minerais são: carbonato de cálcio (calcita), carbonato de cálcio e magnésio (dolomita), quartzo, silicato de magnésio, sulfato de bário, sílica, caulim e mica. Dentre elas destacam-se as cargas grossas, areias e grãos que por sua natureza, distribuição, propriedades e granulometria oferecem os diversos tipos de acabamento como riscado, graffiato, etc. No Brasil, as

cargas grossas mais utilizadas são as rochas carbonáticas e areias quartzosas de praia ou rio (BECERE, 2007; BRITTEZ 2007);

- Os aditivos conferem as mesmas características, funções e tipos já exemplificados para as tintas, acrescentando apenas o aditivo espessante responsável por aumentar a consistência do produto em pasta (BECERE, 2007; BRITTEZ 2007).

Os veículos voláteis e pigmentos conferem as mesmas características, funções e tipos já exemplificados para as tintas, porém, as texturas utilizam mais a água como diluente em detrimento dos solventes orgânicos (BECERE, 2007; BRITTEZ 2007).

### **5.1.2.3. TIPOS, COMPOSIÇÕES, USOS E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Os principais tipos de texturas encontrados no mercado podem ser classificados segundo seu aspecto superficial:

- Revestimentos com agregado colorido: constituídos por cargas minerais coloridas natural ou artificialmente, ligante incolor e aditivos;
- Revestimentos pigmentados: constituídos por cargas, ligantes, pigmentos e aditivos.



### **5.1.2.3.1. TINTA À BASE DE CIMENTO**

- Composição: formulado com cimento branco, cal hidratada em menores teores, pigmentos opacificantes e/ou coloridos, cargas minerais, sais higroscópicos e eventualmente produtos repelentes à água;
- Acabamento: chapiscado, rústico, raspado, entre outros;
- Usos: aplicado em alvenarias de cimento e/ou cal, concreto, emboços, bloco de concreto, concreto celular, bloco sílico-calcário de superfícies externas e internas. Não deve ser aplicado sobre superfícies pintadas com outros tipos de tinta nem sobre superfícies de gesso;
- Características técnicas: dispersão aquosa isenta de solventes orgânicos, liberando baixo teor de orgânicos voláteis (baixa toxicidade). A tinta reage com a água formando silicatos de cálcio hidratados e liberando  $\text{Ca(OH)}_2$  (hidróxido de cálcio), substância de elevada alcalinidade. Ele é fornecido como pó e misturado à água pouco antes do uso; após 3 a 4 horas se pode aplicar o produto. Devido a sua alcalinidade, suas cores são limitadas. A maioria dos pigmentos orgânicos é incompatível com este tipo de pintura, devido a sua suscetibilidade à alcalinidade. Já os pigmentos minerais são compatíveis, principalmente óxidos de ferro. Se comparada às tintas convencionais, forma uma camada mais permeável. Possui baixa resistência a ácidos e elevada resistência à alcalinidade e à água. A resistência à alcalinidade torna-a muito recomendada para aplicação em substratos com base de cimento ou cal recém-executados, não sendo adequada para aplicação em ambientes industriais onde o meio é ácido (UEMOTO, 2005).

### **5.1.2.3.2. TINTA TEXTURIZADA ACRÍLICA**

- Composição: formulação com dispersão de polímeros acrílicos ou estireno acrílico, cargas especiais para efeito texturizado, aditivos, hidrorrepelentes, pigmentos como dióxido de titânio e/ou pigmentos coloridos;
- Acabamento: microtexturizado ou texturizado;
- Usos: superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento, cal, argamassa, concreto e bloco de concreto;
- Características técnicas: dispersão aquosa isenta de solventes orgânicos, liberando baixo teor de orgânicos voláteis (baixa toxicidade), diluível em água (quanto maior a diluição, menor o relevo obtido) e secagem rápida. Possui elevada consistência, poder de enchimento e capacidade de corrigir/disfarçar imperfeições; logo, recomenda-se a aplicação de apenas uma demão. Se comparado às tintas de acabamento liso, possui maior resistência ao intemperismo, chuva e penetração de películas, sendo quanto maior a espessura maior a resistência (UEMOTO, 2005).

## **5.2. REVESTIMENTO CERÂMICO**

### **5.2.1. COMPOSIÇÕES**

Segundo definição da NBR 13816/97, a placa cerâmica constitui em uma “lâmina fina, fabricada de argilas e/ou outras matérias-primas inorgânicas, usadas como revestimentos para piso e parede”.

De acordo com FRANCO, A.L.C. (2008) as matérias-primas utilizadas na fabricação das cerâmicas de revestimentos são todas encontradas na natureza e são constituídas por dois tipos principais, ou seja, os materiais argilosos e os não argilosos. Os materiais argilosos são a base do “biscoito” da laca e são formados por uma mistura de diversos tipos de argila, dependendo da composição desejada. Os não-argilosos servem para sustentar o corpo cerâmico e remover a fusão da massa com materiais sintéticos (esmalte, por exemplo).

Dentre as matérias-primas argilosas destacam-se:

- argila plástica: material composto basicamente de argilominerais e outros minerais não argilosos como quartzo, feldspato, mica e matéria orgânica;
- argila fundente: material composto por uma mistura de argilominerais com proporção variada de quartzo e outros minerais não-plásticos e presença de óxidos fundentes;

Dentre os materiais não-argilosos, destacam-se:

- filitos: rocha muito fina que, devido à sua natureza química e mineralógica, pode compor até 50% de massas cerâmicas;
- fundentes feldspáticos: material constituído de minerais puros e isentos de contaminantes. É utilizado nas camadas de cobertura do corpo cerâmico (engobe e vidrado).
- caulim: minério composto de silicatos hidratados de alumínio e que apresenta características que permitem seu uso na produção de papel, cerâmica, tintas, etc;

- talco: mineral de baixa dureza. Sua cor varia de branco a cinza; é translúcido e opaco; e,
- carbonatos.

As matérias-primas argilosas são primordiais na fase de conformação, pois são elas as responsáveis pela plasticidade da massa, resultando em um material de elevada qualidade mecânica.

### **5.2.2. CLASSIFICAÇÃO DA CERÂMICA SEGUNDO O SETOR INDUSTRIAL**

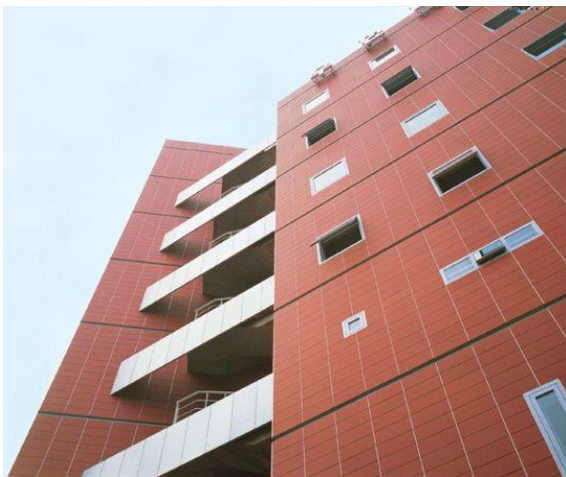
Para FRANCO, A.L.C. (2008), o setor cerâmico é amplo e heterogêneo, o que induz a dividi-lo em subsetores em função de diversos fatores, como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. De acordo com a ABC (Associação Brasileira de Cerâmica), basicamente, a seguinte classificação é adotada para o setor:

- Cerâmica vermelha: compreende os materiais de coloração avermelhada utilizados tanto no setor da construção civil (tijolos, blocos, telhas, refratários) como em utensílios domésticos e adornos;
- Materiais de revestimentos (Placas Cerâmicas): materiais usados na construção civil para revestimentos de paredes, pisos e bancadas tais como azulejos, placas ou ladrilhos para pisos e pastilhas;
- Cerâmica branca: louça sanitária, louça de mesa, cerâmica artística e cerâmica utilizada para fins técnicos;
- Materiais refratários: possuem características específicas para suportarem variações bruscas de temperatura. Utilizados em operações industriais; e,

- Vidro, cimento e cal: apesar de serem desconsiderados do setor cerâmico em função de suas particularidades, o vidro, o cimento e a cal são três importantes elementos do setor.

As placas utilizadas para revestimentos de fachada, enquadradas no grupo das cerâmicas vermelhas, possuem alta porosidade e são chamadas comercialmente de plaquetas para revestimento de parede (plaquetas de laminado cerâmico ou placas litocerâmicas). Em sua produção é utilizada a argila como matéria-prima única, sem adição de outro mineral.

Já as placas obtidas por meio de massas compostas de diversas combinações e teores (argila, caulins, quartzito, calcita, talco, dolomita, filito, feldspato) resultam em materiais como o grés, a faiança e porcelanas. As matérias-primas dessas placas são utilizadas também em materiais enquadrados na classificação da cerâmica branca, como citado anteriormente.



(a)



(b)

Figura 6 – Exemplos de uso de revestimento cerâmico em fachada de edifício pronto (a) e outro em execução (b) - (Fontes: [www.reformafacil.com.br](http://www.reformafacil.com.br) e [www.conpar.com.br](http://www.conpar.com.br) – jan. 2012)

### **5.2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS SEGUNDO NORMAS TÉCNICAS**

Ainda com FRANCO, A.L.C. (2008), diante de uma imensa variedade de produtos cerâmicos no mercado definida por formas, dimensões, cores, processos de fabricação, propriedades e funções, são muitas também as formas de classificação para os mesmos, segundo normas técnicas. São elas:

- Classificação conforme sua composição: como mencionado anteriormente, separada por cerâmica vermelha ou cerâmica branca;
- Classificação conforme resistência ao ataque de agentes químicos. A resistência ao ataque químico está diretamente ligada à composição dos esmaltes, à temperatura e ao tempo de queima da cerâmica. A norma 13817/1997 classifica os revestimentos cerâmicos nas seguintes classes de resistência ao ataque químico:
- Classificação conforme processo de fabricação: cerâmica extrudada ou prensada (NBR 13818/97).
  - **Extrudada:** A massa plástica é colocada em uma extrudora (conhecida como maromba) onde é compactada e forçada por um pistão.
  - **Prensada:** A massa granulada, com baixo teor de umidade, é colocada em molde com formato e tamanho definidos para em seguida ser submetida a altas pressões através de prensas de grande peso.



Figura 7 – Fabricação de cerâmica para revestimento – fonte: [www.portobello.com.br](http://www.portobello.com.br) - 2012

- Classificação conforme absorção d'água: a absorção d'água é uma das principais características dos revestimentos cerâmicos. Indica sua porosidade e se expressa pelo percentual de absorção de água calculado sobre o peso total da placa. Tal ensaio é medido pela Norma 13818/1997: Especificação e método de ensaio. Quanto menor a porosidade do revestimento, menor a quantidade de água que ele poderá absorver e melhores serão as suas características técnicas e resistência. Já a carga de ruptura representa a resistência da peça cerâmica quando submetida a uma força aplicada linearmente em sua região central.
- Classificação conforme resistência a abrasão superficial – PEI (NBR 13817/97).

Pode ser classificada em Abrasão Superficial para Produtos Esmaltados (Porcelain Enamel Institute) e Abrasão Profunda para Produtos Não-Esmaltados.

O **desgaste por abrasão** é causado pelo atrito de objetos sobre a superfície esmaltada da cerâmica. É mais aplicada em pisos, já que os revestimentos cerâmicos para paredes não sofrem solicitações desta natureza. Para cada classe de abrasão, é recomendado o seguinte local de uso:

- PEI 0 (Resistência Baixíssima) – Paredes internas;
- PEI 1 (Resistência Baixa) – Banheiros e quartos residenciais;
- PEI 2 – (Resistência Média) – Todas as dependências residenciais internas;
- PEI 3 – (Resistência Alta) – Todas as dependências residenciais (internas e externas);
- PEI 4 – (Resistência Alta) – Todas as dependências residenciais e ambientes comerciais de tráfego médio;
- PEI 5 – (Resistência Altíssima) – Todas as dependências residenciais e ambientes comerciais de tráfego intenso.

**Expansão por Umidade:** é o aumento irreversível do revestimento cerâmico ao longo do tempo, em função do contato com a umidade e intempéries presentes no ambiente onde está assentado. A expansão por umidade é uma característica relacionada à qualidade das argilas e ao processo de queima da placa e é de fundamental importância para especificação de lugares onde a umidade é maior, como fachadas, piscinas e saunas.

**Dilatação Térmica:** os revestimentos e suas camadas de argamassa, alvenaria ou de concreto, sofrem deformações térmicas diferentes devido aos seus coeficientes de dilatação, causadas especialmente pela variação térmica do ambiente. Quanto maior for a dimensão do revestimento cerâmico, maiores



serão os movimentos de dilatação térmica devido a ação da temperatura. Essa característica depende principalmente das matérias-primas existentes nas placas cerâmicas e do processo de fabricação empregado.

**Resistência ao Choque Térmico:** indica a capacidade do revestimento cerâmico de resistir às variações bruscas de temperatura. Conforme a NBR 13818/97, o ensaio para medição da resistência ao choque térmico consiste em submeter os revestimentos à temperaturas elevadas entre 10°C e 150°C, verificando possíveis trincas ou desgastes nas placas.

**Resistência ao Gretamento:** mede a resistência à formação de microfissuras na superfície esmaltada. O gretamento acontece em decorrência da queima, da expansão e da dilatação da placa cerâmica. É quando a camada de esmalte não se acomoda a esse movimento de dilatação e acaba em forma de fissura.

**Coefficiente de Atrito:** trata-se de um aspecto importante a ser discutido no momento da escolha do material, pois atesta a segurança do usuário ao caminhar pela superfície na presença de água, óleo ou qualquer outra substância escorregadia. Quanto mais áspero e rugoso for a superfície, maior será a resistência ao escorregamento.

A norma brasileira NBR 13818/97, prescreve a determinação do coeficiente de atrito através do deslizador tipo “Tortus”, que se movimenta sobre a superfície (tanto seca e molhada) a ser ensaiada.

**Dureza Mohs** é a classificação que mede a dureza dos materiais existentes na natureza, considerando que um material apenas riscará o outro sempre que apresentar dureza superior. Essa característica é importante na

hora de especificar revestimentos para áreas externas ou espaços que sejam susceptíveis a riscos.

**Resistência ao Congelamento:** é uma característica que depende diretamente da absorção d'água, uma vez que esta, ao penetrar nos poros da placa cerâmica, pode congelar, provocando aumento do volume da peça, danificando-a e comprometendo a aderência do revestimento cerâmico.

**Resistência ao Manchamento (Classes de Limpabilidade):** característica que mede o grau de facilidade de limpeza e a resistência a manchas do revestimento cerâmico. Como descrito na NBR 13818/97, seu ensaio consiste em pingar gotas de agentes manchantes sobre a superfície dos corpos de provas cerâmicos e, após 24 horas, fazer a tentativa de remoção das manchas.

#### **5.2.4 DURABILIDADE E CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE DETERIORAÇÃO**

Durabilidade: termo definido pela NBR 6118/03 como sendo a “capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.” É dentro desse conceito de durabilidade, que surge a importância de se estudar as patologias dos revestimentos. Citação de FRANCO, A.L.C. (2008).

A deterioração dos revestimentos cerâmicos provem basicamente de três processos diferentes:

- Físico-mecânico: retração plástica em função do processo acelerado de evaporação d'água; movimentação da alvenaria/estrutura causando fissurações na placa cerâmica; movimentações de origem higrotérmica levando a fissuração e descolamento dos revestimentos;
- Químico: é o processo de hidratação retardada da cal, levando ao empolamento do revestimento; processo de oxidação de impurezas presentes na areia, levando a formação de vesículas, manchamento e fissuração das placas cerâmicas; e,
- Biológico: em áreas úmidas, crescimento de microorganismos (bolor e fungos) que produzem ácidos que atacam os aglomerantes, levando ao manchamento das placas e desagregação das mesmas.

Segundo CINCOTTO (1983) uma outra forma importante de se classificar o problema causador da deterioração dos revestimentos é através da avaliação da origem dos materiais. Assim, a deterioração e a durabilidade do revestimento argamassado pode ser influenciada por tantos fatores externos ao material usado.

São as seguintes causas de deterioração oriundas de fatores internos:

- Qualidade dos materiais constituintes da argamassa;
- Composição (traço) da argamassa;
- Processos de execução; e,
- Fatores externos (exposição às intempéries, poluição atmosférica e umidade de infiltração).

## **6. GASTOS ENERGÉTICOS E PRODUÇÃO DE CO<sub>2</sub> POR MATERIAL**

Para MARCOS, M.H.C. (2009), há algumas décadas a humanidade não percebia a existência de obstáculos para a o crescimento desenfreado a qualquer custo e voltado para resultados imediatos. Nesse período ocorreu a exploração exagerada dos recursos naturais em busca de matéria prima, maior produtividade e bens materiais. Como consequência vive-se hoje sérios problemas com o meio ambiente: desastres ambientais, acidentes, derrames de petróleo no mar, extinção de espécies animais e vegetais, destruição da camada de ozônio e o efeito estufa (STACHERA; CASAGRANDE, 2007).

Segundo ROODMAN (1995), nos últimos cem anos, a quantidade de dióxido de carbono emitido na atmosfera aumentou 27%, dos quais um quarto desse valor provém da queima de combustíveis fósseis utilizados para fornecer energia para os edifícios. Em todo o mundo, a mineração do cobre, bauxita, minério de ferro e outros recursos naturais usados na fabricação de materiais de construção continuam em crescimento e assim, despejando grandes quantidades de poluentes no ar e na água. Em muitas ocasiões os danos causados na natureza são irreversíveis.

De acordo com TAVARES (2006) na construção civil, a fabricação de materiais de construção é frequentemente a principal fonte de emissões de gases poluentes. A indústria do cimento é a maior emissora de CO<sub>2</sub>, pois, além do uso de combustíveis fósseis para geração de energia térmica, ocorrem emissões adicionais pela calcinação de calcário durante a produção do clínquer. Assim a fabricação de cimento acaba sendo responsável por 4 a 5% de todo o CO<sub>2</sub> despejado na atmosfera por atividades humanas.

A construção civil no Brasil carece de definições quanto aos impactos ambientais causados pelo consumo de energia relacionado às edificações, desde a fabricação, manutenção e consumo dos materiais de construção, o levantamento da obra, até o consumo de energia durante o ciclo de vida. A indústria da construção civil influencia os seis setores industriais que mais consomem energia no país: cimento, cerâmica, metais não ferrosos, aço, química e mineração. A indústria da construção civil brasileira contribui com grande parcela na situação atual, apontada como um dos setores da economia que maior impacto gera sobre o meio ambiente, já que consome cerca de 75% de fontes não renováveis (TAVARES, 2006).

A tabela 2 traz um resumo de gastos energéticos e de emissão de CO<sub>2</sub> para cerâmicas de revestimento externos e tintas.

<b>Material</b>	<b>Emissão CO<sub>2</sub> kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Gasto energético MJ/m<sup>2</sup></b>
Cerâmica Revestimento Externo	4,07 kg/m <sup>2</sup>	79,68 MJ/m <sup>2</sup>
Tinta PVA	1,12 kg/m <sup>2</sup>	15,23 MJ/m <sup>2</sup>
Tinta acrílica	0,93 kg/m <sup>2</sup>	12,71 MJ/m <sup>2</sup>

**Tabela 2** – Resumo de gastos energéticos e de emissão de CO<sub>2</sub> para cerâmicas externas e tintas PVA e acrílica.

Na tabela a seguir (alterada em seu tamanho original para retirada de dados de interesse deste trabalho), extraída da dissertação de MARCOS, M.H.C. (2009) que utilizou uma ferramenta de CAD-BIM para verificar os

índices de produção de energia e de emissão de CO<sub>2</sub> por material, pode-se verificar o comparativo de geração de energia para tintas e para cerâmicas externas.

Material	Energy for manufacturing (MJ / m <sup>3</sup> )	Average distance of manufacturer (km)	Energy for transport (MJ / m <sup>3</sup> )	CO2 Emission in manufacturing (kg / m <sup>3</sup> )	CO2 Emission in transportation (kg / m <sup>3</sup> )
Steel	235500	50	635,850	16628,420	50,741
Aluminium	567000	50	218,700	23886,576	17,452
Recycled Aluminium	46710	50	218,700	1967,799	17,452
Mortar	3906	50	150,660	299,246	12,023
Fired Clay Brick	4060	50	113,400	260,270	9,049
Concrete	2760	50	186,300	203,133	14,867
Fired Clay Roof Tile	10260	50	153,900	657,728	12,281
Fiber Cement	9600	50	129,600	679,987	10,342
Granite Tiles	5400	50	218,700	380,943	17,452
Wood (Kiln-dried)	2100	50	48,600	145,553	3,878
Paint (PVA)	84500	50	105,300	6221,735	8,403
By m <sup>2</sup>	15,210000		0,018954	1,119912	0,001513
Paint (Acrylic)	79300	50	105,300	5838,859	8,403
By m <sup>2</sup>	12,688000		0,016848	0,934217	0,001344
Paint (Oil)	127530	50	105,300	9390,034	8,403
By m <sup>2</sup>	20,404800		0,016848	1,502405	0,001344
Ceramic Tiles (Internal)	10457	50	166,050	540,784	13,251
By m <sup>2</sup>	26,142500		0,415125	1,351959	0,033127
Ceramic Tiles (External)	10457	50	166,050	540,784	13,251
By m <sup>2</sup>	78,427500		1,245375	4,055878	0,099381

**Tabela 3** - Dados referentes aos materiais de construção e os respectivos índices que foram utilizados para os cálculos de emissões no ArchiCad.

Como pode ser observado, há um gasto maior de energia e uma liberação maior de CO<sub>2</sub> para produção de cerâmicas do que de tintas. Ainda considerando um período de vida útil da edificação em 50 anos, estimando-se uma pintura completa da fachada a cada 5 anos e duas substituições completas do revestimento cerâmico neste período, chegaria-se a um consumo energético e de emissão de CO<sub>2</sub> favorável à pintura.

## 7. ASPECTOS ECONÔMICOS – TINTAS X CERÂMICAS

De acordo com levantamento feito pelo setor orçamentário da MRV Engenharia em agosto de 2011 para uma obra na região de Venda Nova, em Belo Horizonte/MG, os seguintes índices foram conseguidos para revestimento das fachadas em revestimento cerâmico 10x10cm e em textura:

Material	Un	Índ	Quant	Val. Unit (R\$)	Val. Tot (R\$)
<b>Cerâmica 10x10cm parede externa</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		<b>65,66</b>		<b>1.757,09</b>
Argamassa colante ACII – 20kg	kg	4,5	295,46	0,20	59,09
Serv. rejuntamento cerâmicas	kg	1	65,66	1,50	98,49
Cerâmica 10x10cm	m <sup>2</sup>	1,1	72,23	10,00	722,30
Assentam. Cerâmica 10x10cm	m <sup>2</sup>	1	65,66	13,00	853,58
Rejunte flexível tipo II	kg	0,4	26,26	0,90	23,63

**Tabela 4: Valor por m<sup>2</sup> de cerâmica: R\$26,76**

Material	Un	Índ	Quant	Val. Unit (R\$)	Val. Tot (R\$)
<b>Textura para parede externa</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		<b>65,66</b>		<b>473,14</b>
Serv. Pintura externa com textura	m <sup>2</sup>	1	65,66	3,70	242,94
Textura ver. acr MRV 2010/01	kg	1,75	114,91	1,68	193,04
Seladora alv. acr MRV 02	l	0,216	14,18	2,62	37,16

**Tabela 5: Valor por m<sup>2</sup> de textura: R\$7,21**

Observa-se a grande diferença entre o preço da unidade de medida em cerâmica e em textura, favorecendo o uso desta segunda também em termos de custos.

## **8. CONCLUSÕES**

No Brasil existe grande preocupação com a aparência das edificações e isso chega ao cúmulo de serem muito dificultadas as vendas de unidades cujo revestimento foge do convencional assentamento cerâmico externo. Através deste trabalho foi mostrada uma maneira de como é possível que sejam economizados recursos e energia e que o meio ambiente ainda pode ser beneficiado com tudo isso. Basta que para tanto aceitemos mais a simplicidade, que não deixa de ser bela, utilizando acabamento de pintura ao invés do revestimento cerâmico.



## **9. BIBLIOGRAFIA**

ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. Tintas e Vernizes. (Guia técnico ambiental tintas e vernizes série P+L). São Paulo: Governo do estado de São Paulo e Secretaria do Meio Ambiente, 2006.

ALMEIDA, DAYSE COELHO DE. - Recursos Naturais Não Renováveis e Desenvolvimento Sustentável. – Artigo para a Escola de Direito - Universidade Tiradentes – UNIT – Aracaju/SE – 2006.

ANGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ANGULO, SÉRGIO CIRELLI; ZORDAN, SÉRGIO EDUARDO; JOHN, VANDERLEY MOACYR – Artigo: Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil – São Paulo, 2003. 13p. – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118 – Rio de Janeiro, RJ – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento; Especificação: 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13749 – Rio de Janeiro, RJ - Revestimentos de paredes e tetos em argamassas inorgânicas; Especificação: 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13816 – Rio de Janeiro, RJ - Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia; Especificação: 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13817 – Rio de Janeiro, RJ - Placas cerâmicas para revestimento - Classificação; Especificação: 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13818 – Rio de Janeiro, RJ - Placas Cerâmicas para Revestimento - Especificação e Métodos de Ensaio; Especificação: 1997.

BRANDON, P.S. Sustainability in management and organisation: the key issues? In: CIB BUILDING CONGRESS – MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION, Suíça, 1988. Proceedings. Suíça, 1998. p.1739-47.

BRITEZ, ALEXANDRE AMADO - Diretrizes Para Especificação de Pinturas Externas Texturizadas Acrílicas em Substrato de Argamassa – Dissertação de Mestrado – 148p. – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo - 2007.

BRITO, J.A. Cidade versus entulho. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo,

1999. Anais. São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), 1999. p.56-67.

CARASEK, H. Argamassas – Ibracon (Instituto Brasileiro do Concreto) – Livro: Materiais de Construção Civil - Capítulo 26 – Goiânia, Goiás: PPG - GCON – Universidade Federal de Goiás, 2006. 37p.

CARVALHO JR., A. N. – Avaliação da Aderência dos Revestimentos Argamassados: Uma Contribuição à Identificação do Sistema de Aderência Mecânico - Tese de Doutorado – Escola de Engenharia da UFMG – 331 p. - Belo Horizonte/MG – 2005.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. Revestimentos de Argamassa: boas práticas em projeto, execução e avaliação. Porto Alegre: ANTAC, 2005.

CONSTRUBUSINESS. Agenda para o setor. Sinduscon-SP. In: SEMINÁRIO DA INDÚSTRIA BRAILEIRA DE CONSTRUÇÃO, 5., 2003, São Paulo. Apresentações... São Paulo: Sinduscon, 2003.

CUNHA, A.O. (CECC – E.E.UFMG - 2011). O Estudo da Tinta/Textura Como Revestimento Externo em Substrato de Argamassa - Monografia – 129p. – Belo Horizonte/MG.

CURWELL, S.; COOPER, I. The implications of urban sustainability. Building Research and Information. V.26, nº1, 1998. p. 17-28.

DOLL, A. - Caderno Temático sobre Desenvolvimento e Consumo Sustentável - Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE– Paraná, 2008.

DORSTHORST, B.J.H; HENDRIKS, Ch. F. Re-use of construction and demolition waste in the EU. In: CIB Symposium: Construction and Environment – theory into practice., Proceedings. São Paulo, EPUSP, 2000.

EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANIZATION – EMO. History. Disponível em: <http://www.euromortar.com>. Acesso em: 10 jan. 2012.

FIORITO A.J.S.I – Manual de Argamassas e Revestimentos – estudos e procedimentos de execução – 1ª ed. São Paulo – Editora Pini, 1994 – 221p.

FRANCO, A.L.C. (CECC – E.E.UFMG - 2008). Revestimentos Cerâmicos de Fachada: Composição, Patologia e Técnicas de Aplicação - Monografia – 80p. – Belo Horizonte/MG.

GUIMARÃES, J. E. P. A cal: Fundamentos e aplicações em engenharia civil. São Paulo: PINI, 1997.

GÜNTHER, W.M.R. Minimização de resíduos e educação ambiental. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7. Curitiba, 2000. Anais.

HARA, G. Tintas na Construção Civil – Composição e Propriedades – 1983 – 187p. Dissertação Mestrado. POLI-USP. São Paulo, 1983.

HELLENIC CEMENT INDUSTRY ASSOCIATION – HCIA. History of cement and concrete. Grécia, 2006. Disponível em: <http://www.hcia.gr>. Acesso em: 10 jan. 2012.

JOHN, V.M. & AGOPYAN V. – Apresentação sobre Seminário de Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares – Secretaria Estadual de Meio Ambiente – Governo do Estado de São Paulo – disponível em [www.lapa.ufscar.br/bdgaam/residuos.../John%20e%20Agopyan.pdf](http://www.lapa.ufscar.br/bdgaam/residuos.../John%20e%20Agopyan.pdf) – Acesso em 19 jan. 2012

JOHN, V.M.J. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. Anais. São Paulo, IBRACON, 1999. p.44-55.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LEVY, S.M. Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos. São Paulo, 1997. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MARCOS, M.H.C (UFPR – 2009 - Curitiba) – Análise da Emissão de CO<sub>2</sub> na Fase Pré-Operacional da Construção de Habitações de Interesse Social Através da Utilização de Uma Ferramenta CAD-BIM – Dissertação – 130p.

MIRANDA, L.F.R. e SELMO, S.M.S - Desempenho de Revestimento de Argamassas Com Entulho Reciclado. São Paulo, 2001. 13p. Artigo – PCC - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MRV Engenharia e Participações S.A. – orçamentos de obras – 2011.

PEREIRA JR., S.A. (CECC – E.E.UFMG - 2010). Procedimento Executivo de Revestimento Externo em Argamassa – Monografia – 69p. – Belo Horizonte/MG.

PINTO, T.P.P. - Metodologia Para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. São Carlos, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ROODMAN, D. et al. A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction. World Watch Paper No. 124, World Watch Institute, 1995.

SABBATINI, F. H. Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Resistente. Boletim Técnico n.02/86. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. p.26.

SELMO, S. M. S. Dosagem de argamassas de cimento e cal para revestimento externo de fachada de edifícios. São Paulo: USP, 1989. 187p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SELMO, S. M. S. Revestimentos de Argamassa de Paredes e Tetos de Edifícios – Projeto, Execução e Manutenção. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, maio 1996.

SILVA, ANTÔNIO S.R. (2008) – Argamassas: Conceitos, Tipos e Funções - ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) – Comunidade da Construção – Pólo Salvador, Bahia – apresentação de slides.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. DE - Diagnóstico e Combate à Geração de Resíduos na Produção de Obras de Construção de Edifícios: Uma Abordagem Progressiva – artigo 14p. – Porto Alegre/RS – 2004.

STACHERA, T.; CASAGRANDE, E. Avaliação das emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no

Paraná. IX ENGEMA – Encontro Nacional sobre Gestão e Meio Ambiente, Curitiba. 2007.

TAVARES, S.F. (2006) – Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras - Tese - Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, abril de 2006 – 225p.

UEMOTO, K.L. Projeto Execução e Inspeção de Pinturas. 2ª Edição. São Paulo. Editora O Nome da Rosa – 111p. 2005.

UNESCO; Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável 2005 – 2014.

ZWAN, J.T. Application of waste materials – a success now, a success in the future. In: WASTE MATERIALS IN CONSTRUCTIONS: PUTTING THEORY INTO PRACTICE. Great Britain, 1997. Proceedings. Great Britain, 1997. p.869-81.





### ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: LEONARDO ARAUJO BORGES

MATRÍCULA: 2011671897

#### RESULTADO

Aos 17 dias do mês de abril de 2012 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“REVESTIMENTO EM ARGAMASSA: SOLUÇÃO ECONÔMICA PARA UMA OBRA MAIS SUSTENTÁVEL”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

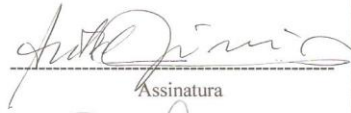
NOTA: 90

CONCEITO: A

#### BANCA EXAMINADORA:

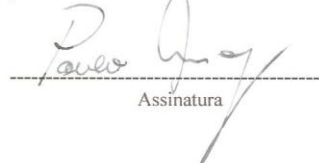
Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Nome

  
Assinatura

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

Nome

  
Assinatura

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 17 de abril de 2012

  
Coordenador do Curso  
Prof. Dalmo Lúcio M. Siqueira  
Coordenador do Curso de Especialização  
Em Construção Civil

Borges, Leonardo Araujo  
B732r Revestimento em argamassa [manuscrito]: solução econômica para uma obra mais sustentável / Leonardo Araujo Borges. -- 2012.  
72 f., enc.: il.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior.

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

Bibliografia: f.65-72.

1. Construção civil. 2. Revestimentos. 3. Argamassa. I. Carvalho Júnior, Antônio Neves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.

CDU: 693.625