

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente
Construído

Patrícia Vasconcelos de Oliveira

DESPLACAMENTO CERÂMICO EM
REVESTIMENTO INTERNO NO SISTEMA
CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO MOLDADO
IN LOCO

Belo Horizonte,
2018

PATRÍCIA VASCONCELOS DE OLIVEIRA

**DESPLACAMENTO CERÂMICO EM
REVESTIMENTO INTERNO NO SISTEMA
CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO MOLDADO
*IN LOCO***

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído – área: Tecnologia e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

**Belo Horizonte,
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser o guia essencial da minha vida.

A minha mãe Cida, por todas as orações e incentivo e ao meu pai José, por todo carinho e preocupação, que tornaram possível a conclusão de mais essa jornada da minha vida. Vocês são os pilares que me sustentam.

Aos meus irmãos Milena e Raul, por sempre me encorajarem com tanto amor e carinho.

Ao meu padrasto Marco Antônio, sem você a realização dessa especialização não seria possível, muito obrigada.

A minha madrastra Cyntia, pelo exemplo de perseverança, amizade e orientação.

Ao Roney, pelo exemplo profissional, companheirismo, amor e segurança que me confortam.

Ao meu orientador Professor Doutor Antônio Neves de Carvalho Jr, pela disponibilidade, profissionalismo e sabedoria compartilhada. Sou eternamente grata pela confiança depositada.

Aos professores do DEMC, por todos os ensinamentos divididos.

Ao professor Doutor White José dos Santos pelas instruções passadas ao longo do curso.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo e amizade, principalmente a Dayenne e a Tássia.

A Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade e aos funcionários da Escola de Engenharia pela colaboração.

A todos vocês, a minha eterna gratidão.

EPÍGRAFE

“Os materiais não falham. Eles seguem as leis da natureza. Nós é que não os utilizamos direito.”

(Carl G. Cash)

RESUMO

O deslocamento cerâmico em revestimento interno tem sido um dos problemas mais frequentes vividos nos últimos anos no setor da construção civil. A manifestação patológica gera diversos transtornos como custo, atraso e perda de credibilidade das construtoras. O destacamento de placas cerâmicas ocorre devido à falta de aderência entre as camadas de revestimento e o substrato. Essa falta de aderência está relacionada com uma série de fatores, sendo eles: a escolha da argamassa colante utilizada, o modo como o revestimento é aplicado e a execução do tratamento superficial do substrato. Na literatura existem diversas pesquisas focadas em apresentar soluções para falta de aderência da argamassa colante em diversos substratos utilizados por muitos anos na construção civil. Porém, existe certa carência de resultados relacionados com essa aderência e as novas tecnologias construtivas utilizadas no canteiro de obras, como por exemplo, a parede de concreto moldado in loco. Diante desse cenário, este estudo aborda as hipóteses que causam a falta de aderência da argamassa colante e a parede de concreto, sistema construtivo que está cada vez mais presente nas execuções de obras no Brasil. Foi analisado, a partir de pesquisas literárias, que o grau de porosidade do substrato influencia diretamente na aderência do revestimento, uma vez que na maioria das situações a ancoragem da argamassa colante acontece através da migração da pasta de aglomerante para o interior dos poros do concreto. Dessa forma, esta pesquisa apresenta boas práticas para execução de tratamento superficial da parede de concreto, que é um substrato considerado pouco poroso, além de possuir desmoldante impregnado em sua superfície, produto que é imprescindível para melhor execução do serviço de desforma da estrutura. Para melhores resultados práticos esta pesquisa aborda um estudo de caso dos métodos utilizados para execução do revestimento cerâmico interno em uma obra de parede de concreto. Pode-se verificar, a partir de resultados obtidos no teste de arrancamento, que o tratamento da base realizado com jato de água em alta pressão e lavagem com escova de aço, associados com aplicação da cerâmica com dupla camada de argamassa colante tipo II, resulta em revestimentos com bons valores de resistência à aderência e conseqüentemente livres da possibilidade de manifestação do deslocamento cerâmico.

Palavras-chave: Deslocamento cerâmico. Revestimento interno. Parede de concreto. Aderência. Argamassa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Deslocamento cerâmico em revestimento interno.....	13
Figura 02- Obra do PMCMV construída em Parede de Concreto.....	16
Figura 03- Furos de ancoragem da parede de concreto fechados com argamassa.....	17
Figura 04- Tela com espaçadores posicionada no eixo vertical da parede.....	18
Figura 05- Forma não resistiu às tensões produzidas durante o lançamento do concreto.....	19
Figura 06- Forma metálica utilizada na parede de concreto.....	20
Figura 07- Forma mista utilizada na parede de concreto.....	20
Figura 08- Forma plástica utilizada na parede de concreto.....	21
Figura 09- Aplicação do desmoldante na forma.....	21
Figura 10- Sistema de aderência do revestimento cerâmico	25
Figura 11- Consistência da argamassa medida na <i>flow-table</i>	30
Figura 12- Eficiência do contato da argamassa colante nas interfaces em função da sua viscosidade	33
Figura 13- Aderência mecânica presente em substratos porosos	34
Figura 14- Fotomicrografia realizada com o MEV-IES na interface bloco cerâmico e argamassa com a presença de etringita (1).....	35
Figura 15- Fotomicrografia (MEV) da interface entre piso cerâmico antigo e argamassa colante aplicada externamente. (Sistema de assentamento de piso sobre piso).....	36
Figura 16- Apicoamento total realizado na superfície.....	44
Figura 17- Tipos de tratamento superficial para criação de rugosidade e remoção do desmoldante	45
Figura 18- Execução recomendada para aplicação da argamassa colante.....	47
Figura 19- Laboratório de concreto da obra	49
Figura 20- Montagem das formas metálicas.....	49
Figura 21- Aspecto da parede após a desforma e sem tratamento superficial.....	50
Figura 22- Escova de aço utilizada pela obra para tratar a superfície	51
Figura 23- Aspecto do substrato após o tratamento da base.....	51
Figura 24- Aplicação do revestimento cerâmico	52
Figura 25- Aspecto dos corpos de prova ensaiados.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Composição das argamassas colantes	25
Tabela 02- Tempo em aberto para argamassa colante.....	30
Tabela 03- Limites de resistência de aderência à tração (Ra)	37
Tabela 04- Recomendações de execução do assentamento das placas cerâmicas	47
Tabela 05- Resultados do ensaio de resistência de aderência	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01- Relação entre resistência de aderência, resistência do concreto e sua absorção...41

SUMÁRIO

Introdução.....	11
Capítulo 1: Sistema construtivo parede de concreto moldado <i>in loco</i>.....	15
1.1 Ascensão do sistema construtivo no Brasil.....	15
1.2 Características do sistema construtivo.....	15
1.3 Principais materiais utilizados no sistema construtivo.....	18
1.3.1 Armação.....	18
1.3.2 Tipos de formas.....	18
1.3.2.1 Formas metálicas.....	19
1.3.2.2 Formas Metálicas + Compensado ou Formas Mistas.....	20
1.3.2.3 Formas Plásticas.....	20
1.3.3 Desmoldante.....	21
1.3.4 Concreto.....	22
1.3.4.1 Concreto celular.....	22
1.3.4.2 Concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9%.....	23
1.3.4.3 Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica.....	23
1.3.4.4 Concreto convencional ou concreto autoadensável.....	23
1.4 Revestimentos aplicados na parede de concreto moldado <i>in loco</i>	24
1.4.1 Argamassa colante.....	24
1.4.1.1 Argamassa colante industrializada – AC I.....	26
1.4.1.2 Argamassa colante industrializada – AC II.....	26
1.4.1.3 Argamassa colante industrializada – AC III.....	26
1.4.1.4 Argamassa colante industrializada – Tipo E.....	26
1.4.1.5 Argamassa colante industrializada – Tipo D.....	26
1.4.2 Placas cerâmicas.....	27
Capítulo 2: Propriedades da argamassa colante e a interferência na resistência à aderência.....	29
2.1 Principais propriedades da argamassa no estado fresco.....	29
2.1.1 Tempo em aberto.....	29
2.1.2 Consistência.....	30
2.1.3 Plasticidade.....	31
2.1.4 Trabalhabilidade.....	31

2.1.5 Retenção de água.....	31
2.1.6 Aderência inicial ou adesão inicial.....	32
2.2 Propriedades da argamassa no estado endurecido.....	33
2.2.1 Aderência.....	34
2.2.1.1 Aderência mecânica.....	34
2.2.1.2 Aderência química.....	35
2.2.2 Resistência de aderência à tração.....	36
2.2.3 Resistência de aderência ao cisalhamento.....	38
2.2.4 Elasticidade/Deforabilidade.....	38
2.2.5 Retração por secagem.....	38
Capítulo 3: Aspectos do substrato de concreto que interferem na aderência com a argamassa.....	39
3.1 Influência da porosidade e absorção de água do substrato.....	39
3.2 Influência da rugosidade do substrato.....	39
3.3 Influência da resistência do substrato.....	40
Capítulo 4: Aspectos da execução do serviço que interferem na aderência da argamassa colante na parede de concreto.....	42
4.1 Preparação da superfície.....	42
4.1.2 Limpeza da base e remoção do desmoldante.....	42
4.1.3 Tipos de tratamento superficial da base.....	43
4.2 Escolha do tipo de argamassa para aplicação do revestimento cerâmico.....	45
4.3 Recomendações para execução do serviço.....	46
Capítulo 5: Estudo de caso – Aderência do revestimento cerâmico aplicado em obra de parede de concreto.....	48
5.1 Características da obra.....	48
5.2 Execução da estrutura.....	48
5.3 Tratamento superficial do substrato.....	50
5.4 Método de aplicação do revestimento cerâmico.....	52
5.5 Resultados do ensaio de arrancamento.....	52
Considerações Finais.....	54
Referências Bibliográficas.....	55

INTRODUÇÃO

O deslocamento cerâmico em paredes internas tem sido um dos mais graves problemas técnicos vividos pelo setor da construção civil. Segundo dados do SindusCon-SP (2016), o deslocamento do revestimento interno cerâmico tem ocorrido em quase todo o território nacional nos últimos anos e em 81,4% dos casos, o problema surgiu até o segundo ano após a aplicação. BÔAS (2016) explica que a manutenção corretiva demanda de 7 à 10 dias úteis para a conclusão e um prejuízo para a construtora de aproximadamente 10 mil reais em cada unidade, além da exposição negativa das empresas com os clientes, que na maioria dos casos já estão morando nas unidades.

A propriedade responsável pela fixação entre as camadas de revestimento cerâmico (chapisco, emboço, argamassa colante e cerâmica) e os diversos substratos é denominada como aderência. CARVALHO JR. (1999), descreve a aderência como a capacidade de absorver tensões normais e tangenciais à superfície de interface argamassa/base. A NBR 13528-2010 explica que para a verificação da aderência não se pode avaliar somente as propriedades dos materiais constituintes, mas sim a interação entre as diversas camadas. CARASEK (1997) completa afirmando que o mecanismo da aderência está diretamente ligado ao tipo e teor de umidade do substrato e o tipo de argamassa aplicada.

Existem na literatura diversas pesquisas focadas em desmistificar como ocorre o mecanismo de aderência entre as argamassas e os diversos tipos de substratos existentes na construção civil. CASAREK (1996), por exemplo, em sua tese analisou a aderência entre argamassa e substratos porosos e confirmou através da análise microestrutural no microscópio eletrônico de varredura (MEV), que a aderência realiza-se de forma mecânica, através da ancoragem principalmente de etringita (substância formada durante o estágio de hidratação do cimento) no interior dos poros do substrato. PEREIRA, SILVA e COSTA (2013), em seus estudos sobre a aderência de argamassa colante e substrato não poroso, avaliaram que a resistência de aderência é atendida quando existe uma maior extensão de contato entre a argamassa e o substrato.

Entre as hipóteses dos fatores que provocam o deslocamento cerâmico na parede de concreto, destaca-se a falta de tratamento da superfície onde será aplicado o revestimento. Essa execução do preparo da base do substrato é fundamental para a melhoria da aderência da argamassa, pois aumenta a rugosidade superficial, retira as impurezas e conseqüentemente regulariza a absorção de água. Acreditando nisso, CANDIA e FRANCO (1998) realizaram um

estudo sobre a relação de preparo da base e o desempenho da argamassa de revestimento. Nos resultados de seus estudos, as maiores resistências encontradas foram em bases que o chapisco comum foi aplicado, tanto para substratos de alvenaria de blocos cerâmicos, quanto para estruturas de concreto. Os autores ainda ressaltaram que é necessário efetuar o preparo da base com chapisco, com objetivo de melhorar as características superficiais e conseqüentemente a resistência de aderência.

Outra hipótese considerada como agravante para ocorrência do deslocamento cerâmico é a utilização de desmoldante para a execução da parede de concreto. Os desmoldantes na maioria das vezes garantem a realização mais fácil da desforma, porém podem preencher os poros do substrato e impedir que ocorra a ancoragem da base com a argamassa aplicada. Considerando isso, ASSALI, LOH (2011), realizaram um estudo experimental sobre o uso de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais. Ao analisarem os resultados, os autores concluíram que a substituição é viável porque permite que a superfície apresente maior rugosidade e absorção de água, possibilitando um aumento de 2 a 3 vezes na aderência da argamassa.

Segundo CARVALHO JR. (2005), para o recebimento da camada de argamassa é necessário que a estrutura de concreto possua 28 dias de idade. O autor completa afirmando que é necessário que a película do desmoldante, se for utilizado, seja totalmente eliminada com uso da escova de aço, detergente e água seguindo-se a uma operação de apicoamento. FIORITO (2009) em seu manual de argamassas e revestimentos recomenda que para estruturas de concreto é necessário fazer o chapisco, emboço e esperar no mínimo sete dias para que a cura seja efetuada antes da aplicação do revestimento com argamassa colante.

Como supracitado, os pesquisadores têm se interessado na busca de novos materiais e métodos de execução com o propósito de minimizar os efeitos das manifestações patológicas nos revestimentos. Nas análises da aderência entre argamassa e o substrato de concreto, por exemplo, encontram-se resultados que para esse tipo de base é necessário que a preparação da estrutura seja rigorosamente executada, sendo necessária a retirada do desmoldante e criação de rugosidade, com o intuito de melhorar a aderência.

Em diversos estudos, como por exemplo, FIORITO (2009); CANDIA e FRANCO (1998), os pesquisadores concluíram que a execução do chapisco é essencial para alcançar um bom mecanismo de aderência entre a argamassa e a base de concreto. Entretanto, atualmente no setor da construção civil, tem sido cada vez mais incorporado o Sistema Construtivo Parede de Concreto, principalmente após a publicação da ABNT NBR 16055-2012. O sistema caracteriza-se por construir empreendimentos em larga escala em um curto prazo de tempo e

como citado por SILVA (2011), os revestimentos são executados diretamente na estrutura. As placas cerâmicas, por exemplo, são aplicadas com argamassa colante sem necessidade de execução de chapisco e emboço, como praticado em outros métodos construtivos. Porém é necessário seguir alguns critérios com o objetivo de evitar o deslocamento cerâmico, conforme exemplificado na figura 1.

Figura 1 - Deslocamento cerâmico em revestimento interno



Fonte: BARBOZA (2016)

A argamassa colante industrializada tem se tornado um material cada vez mais consolidado no mercado da construção civil. Isso ocorre devido à presença de dosagem controlada de agregados, aglomerantes e aditivos, o que consequentemente aumenta o desempenho de qualidade do material e logística do canteiro, quando comparadas às argamassas produzidas em obra. Porém é necessária a verificação do desempenho desse material quando aplicado diretamente em substratos de concreto, com o propósito de produzir revestimentos eficientes e duráveis.

Diante desse cenário essa pesquisa tem como objetivo geral fazer um estudo da aderência da argamassa colante quando aplicada na parede de concreto. Os objetivos específicos são de investigar os aspectos que ocasionam a falta de aderência, tais como: as particularidades da argamassa colante, as características do substrato e as formas de execução mais eficientes que possam atender os requisitos de resistência de aderência à tração propostos pela ABNT NBR 13749-2013, além de evitar a manifestação patológica do deslocamento cerâmico.

Para que a realização dessa pesquisa ocorra de forma positiva, serão elaborados estudos de normas, referências bibliográficas, revistas técnicas e livros para maior entendimento da

aderência de argamassa colante e substrato de concreto. Dessa forma serão produzidos quatro capítulos com os pontos relevantes encontrados nesse estudo. O primeiro capítulo apresentará algumas características da parede de concreto para maior entendimento sobre a execução do sistema construtivo. No segundo capítulo, serão abordadas as particularidades da argamassa colante, tanto em seu estado fresco como no estado endurecido para maior conhecimento e diagnóstico dos pontos críticos que afetam a aderência. O terceiro capítulo será tratado pontos relevantes do substrato de concreto que podem ocasionar a falta de aderência com o revestimento. No quarto capítulo será retratado como o serviço do revestimento cerâmico pode ser executado, com o objetivo de estabelecer uma boa aderência com a parede de concreto. Por último, será apresentado no quinto capítulo um estudo de caso realizado em uma obra de parede de concreto, o qual apresenta o procedimento executivo para assentamento de placas cerâmicas e os resultados obtidos nos ensaios de aderência.

CAPÍTULO 1

SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDE DE CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*

1.1. Ascensão do sistema construtivo no Brasil

No ano de 2009 o Governo juntamente com a Caixa Econômica Federal instituiu o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) no Brasil, com o objetivo de minimizar o problema com déficit habitacional no país. Dessa forma, as construtoras contratadas para executar essas obras habitacionais, se depararam com a necessidade de produzirem um grande número de unidades e com prazo de execução reduzido, conforme estabelecido pela Caixa Econômica Federal.

Diante desse cenário, constatou-se a necessidade de buscar sistemas construtivos que fossem eficientes e aptos a cumprirem os prazos. Segundo ANAUATE (2012), a parede de concreto moldado *in loco*, que já estava em estudo desde 2007 pelo Grupo Parede de Concreto abrigado na ABCP, aproveitou a demanda gerada pelo PMCMV e a escala necessária para se consolidar como o sistema mais adiantado e apropriado a cumprir as exigências impostas pelo Governo. Segundo SANTO JR (2017), representante da Associação Brasileira de Cimento Portland em Goiás, o sistema construtivo atualmente já responde por 52% das unidades em construção e em projeto do Programa Minha Casa Minha Vida.

1.2 Características do sistema construtivo

O sistema construtivo parede de concreto é uma técnica que consiste na produção simultânea da vedação e estrutura em um único elemento. As formas são montadas no local que serão aplicadas, com tubulações elétricas e em alguns casos com a tubulação hidráulica¹ embutida, que posteriormente recebe o concreto. Os vãos de janelas e portas também já são executados conforme projeto durante a montagem das formas.

¹ Algumas construtoras optam por executar as tubulações de esgoto dentro do shaft e de água fria com tubos de polietileno reticulado, também conhecido como PEX, sem a necessidade de embutir a tubulação na parede.

A técnica construtiva tem como principal característica a produção de edificações em larga escala com alta repetitividade, como os condomínios e edifícios residenciais por exemplo. A parede de concreto é um sistema construtivo racionalizado que reduz as atividades artesanais e improvisações, contribuindo para diminuir o número de etapas da obra e consequentemente de funcionários no canteiro.

Por apresentar alto valor de investimento inicial, a parede de concreto viabiliza-se a partir da escala, velocidade compatível, padronização e planejamento sistêmico (ABCP 2007). Segundo MANZINE (2011), é possível diminuir até 50% do tempo que seria gasto nos sistemas convencionais e isso ocorre devido ao dinamismo da parede de concreto, que possibilita a execução de 4 apartamentos por dia para cada jogo de formas utilizado na obra.

Figura 2: Obra do PMCMV construída em Parede de Concreto



Fonte: Arquivo pessoal

As obras executadas em paredes de concreto contribuem de forma positiva com o meio ambiente, isso porque a geração de resíduos é consideravelmente menor quando comparada aos outros métodos construtivos. Essa redução acontece devido à reutilização da forma do início ao fim da obra, além de não ser necessário quebrar a parede para executar os serviços de elétrica e hidráulica, como ocorre na execução da alvenaria por exemplo. Dessa forma, o canteiro de obras permanece livre de resíduos de bloco, tijolo e concreto, minimizando a geração de resíduos que chega a ser até seis vezes menor quando comparada aos sistemas convencionais (MORAES, 2013).

Outro motivo que possibilita a diminuição de resíduos é a redução das etapas de serviço que conseqüentemente minimiza a quantidade de materiais utilizados durante execução da obra. Segundo MISURELLI e MASSUDA (2009), a redução da espessura das camadas de revestimento é umas das principais características do sistema construtivo de paredes de concreto. Após a desforma, as paredes niveladas e aprumadas exibem uma superfície regular, com exceção dos sinais superficiais das junções entre painéis que devem ser retirados com espátula e os furos de ancoragem que precisam ser fechados com argamassa, como ilustrado na figura 2.

Figura 3: Furos de ancoragem da parede de concreto fechados com argamassa



Fonte: Arquivo Pessoal

Após esse serviço, o revestimento cerâmico e a pintura podem ser aplicados diretamente sobre a parede de concreto, sem a necessidade de execução dos serviços de chapisco, emboço e reboco. É necessário verificar apenas se a superfície está apta para receber os revestimentos, isto é, limpa e com rugosidade superficial adequada para permitir uma boa aderência entre o substrato e as camadas de revestimento. Esse assunto será tratado com maior ênfase nos capítulos 3 e 4 deste trabalho.

1.3 Principais materiais utilizados no sistema construtivo

1.3.1 Armação

Com a finalização do serviço de fundação, que na maioria das vezes é executada em *radier*, o serviço subsequente é a montagem da armação. Segundo MISURELLI e MASSUDA (2009), a armação empregada para o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* é a tela soldada e as barras retas, que são aplicadas como reforços dos vãos de portas e janelas. A tela pode ser posicionada no eixo vertical da parede ou dependendo da especificação do projeto, nas duas faces da parede. Para garantir o cobrimento adequado do concreto e evitar o deslocamento da tela durante a concretagem, são fixados espaçadores de plástico na armação, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 4: Tela com espaçadores posicionada no eixo vertical da parede



Fonte: Arquivo Pessoal

1.3.2 Tipos de formas

Segundo ABCP (2007), as formas utilizadas no sistema construtivo são estruturas provisórias e tem a função de moldar o concreto fresco. É imprescindível que essas placas

tenham a capacidade de resistir a todas as pressões durante o lançamento do concreto, até que este adquira resistência mínima para a execução do serviço de desforma.

Se a forma não possuir capacidade de suportar as tensões produzidas durante a concretagem, as placas da estrutura podem abrir, moldando o concreto de forma irregular conforme exemplificado na figura 4, o que gera serviços de reparos não previstos para a execução da obra.

Figura 5: Forma não resistiu às tensões produzidas durante o lançamento do concreto



Fonte: Arquivo Pessoal

Segundo ABCP (2007), os tipos de formas mais utilizadas no sistema Parede de Concreto são:

1.3.2.1 Formas metálicas

São formas que utilizam quadros e chapas metálicas para estruturação dos painéis. Segundo a PINI (2013), as formas metálicas possuem dimensões variadas e pesam cerca de 50 kg, o que dispensa a utilização de equipamentos pesados para o transporte. As placas metálicas podem ser reutilizadas em torno de mil vezes durante sua vida útil, porém é imprescindível que cuidados como limpeza, manutenção, manuseio e transporte sejam executados conforme orientação do fornecedor.

Figura 6: Forma metálica utilizada na parede de concreto



Fonte: Arquivo Pessoal

1.3.2.2 Formas Metálicas + Compensado ou Formas Mistas

São compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético como placas que ficam em contato direto com o concreto (ABCP, 2007).

Figura 7: Forma mista utilizada na parede de concreto



Fonte: Coletânea de ativos ABCP (2007)

1.3.2.3 Formas Plásticas

Esse tipo de forma utiliza quadros e chapas feitas com plástico reciclável, tanto para

estruturar, quanto para propiciar o acabamento à peça concretada. Essas formas plásticas são contraventadas por estruturas metálicas (ABCP, 2007).

Figura 8: Forma plástica utilizada na parede de concreto



Fonte: SILVA (2010)

1.3.3 Desmoldante

Segundo a PINI (2003), os desmoldantes são produtos que auxiliam no serviço de desforma do concreto. Eles criam uma película fina e oleosa entre as formas e o concreto que impossibilita a ancoragem entre ambos e permite desse modo, que o serviço de desforma aconteça facilmente, além de aumentar a vida útil das placas. Para garantir um bom desempenho do desmoldante, é necessário saber em qual tipo de forma o produto será aplicado. Os que são puramente oleosos são adequados tanto para fôrmas de madeira como para formas de metal. Os desmoldantes diluídos em água são mais adequados para formas de madeira.

Figura 9: Aplicação do desmoldante na forma



Fonte: FARIA (2009)

1.3.4 Concreto

Conforme estabelecido pela ABNT NBR 16055/2012, a especificação do concreto para o sistema construtivo parede de concreto deve apresentar:

- a) Resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem;
- b) Resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});
- c) Classe de agressividade do local de implantação da estrutura, conforme a ABNT NBR 12655;
- d) Trabalhabilidade medida pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR NM 67) ou pelo espalhamento do concreto (ABNT NBR 15823-2).

Além das recomendações supracitadas, a norma não estabelece qual o tipo de concreto deve ser aplicado, apenas regulamenta que a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) não pode ser superior a 40 MPa. No entanto, MISURELLI e MASSUDA (2009) afirmam que no Brasil quatro tipos de concreto são recomendados para o sistema: concreto celular, concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9%, concreto com agregados leves ou com baixa massa específica e o concreto convencional ou concreto autoadensável.

1.3.4.1 Concreto celular

Segundo SACHT (2008), o concreto celular é utilizado há muitos anos no Brasil na produção de vedações verticais, como painéis monolíticos e blocos de alvenaria. O concreto celular é composto com cimento Portland, brita, areia, água e espumas ou agentes incorporadores de ar (que são responsáveis por diminuir a massa específica do concreto para valores entre 1300 e 1900 kg/m³).

A ABNT NBR 12646-1992 define concreto celular como:

“Concreto leve obtido pela introdução em argamassa de bolhas de ar, com dimensões milimétricas, homogêneas, uniformemente distribuídas, estáveis, incomunicáveis e indeformadas ao fim do processo, cuja densidade de massa aparente no estado fresco deve estar compreendida entre 1300 kg/m³ e 1900 kg/m³”.

O concreto celular possui baixa resistência mecânica devido à presença de ar incorporado à mistura, além de aumentar significativamente a permeabilidade da estrutura. Esse tipo de concreto apresenta baixa durabilidade por consequência da alta porosidade da superfície e conseqüentemente do rápido ataque à armadura interna por ação de íons de cloreto e carbonatação, por exemplo. Por essa razão, o concreto celular requer cuidados adicionais, como a impermeabilização e barrados protetores que são serviços que aumentam o custo do processo (SACHT, 2008).

1.3.4.2 Concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9%

Esse tipo de concreto geralmente é utilizado em residências térreas com resistência mínima de 6 MPa. O concreto com elevado teor de ar incorporado possui bom desempenho térmico e acústico (ABCP, 2007).

1.3.4.3 Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica

O concreto com agregado leve, também chamado de concreto leve estrutural é uma alternativa para aplicação em painéis monolíticos moldados no local, pois apresenta massa específica e isolamento térmico e acústico semelhante com o obtido em concretos celulares, além de resistência mecânica e durabilidade compatível com concretos tradicionais (SACHT, 2008).

Segundo ROSSIGNOLO e AGNESINI (2005), além de apresentar redução da massa específica, a substituição dos agregados convencionais por agregados leves influencia significativamente em outras propriedades importantes do concreto, como a trabalhabilidade, estabilidade dimensional e a espessura da zona da transição entre o agregado e a pasta de cimento.

1.3.4.4 Concreto convencional ou concreto autoadensável

As principais propriedades do concreto autoadensável (CAA) apresentam-se no estado fresco, como por exemplo, a capacidade de preencher o interior das formas, a capacidade de passagem entre obstáculos sem sofrer nenhum tipo de obstrução provocado pelo agregado graúdo, além da resistência à segregação (CAVALCANTI, 2006).

Além dessas propriedades o CAA apresenta outros atributos relevantes, como a aplicação rápida que é feita por bombeamento e a exclusão do uso de vibradores. O CAA utiliza aditivos superplastificantes que são adicionados na obra, antes do lançamento na forma, os quais perdem o efeito aproximadamente 40 minutos após a mistura (ABCP, 2007).

1.4 Revestimentos aplicados na parede de concreto moldado *in loco*

Conforme já citado anteriormente, uma das características principais do sistema construtivo parede de concreto é a grande redução de etapas construtivas durante a fase de acabamento. Não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento, sendo necessário apenas o cumprimento das especificações do fornecedor do material, que é executado diretamente sobre a parede de concreto (ABCP, 2007).

Os revestimentos internos mais utilizados na parede de concreto são a pintura e a cerâmica, que são aplicadas sem a necessidade de execução do chapisco, emboço ou reboco. Dessa forma, é de suma importância o estudo das propriedades dos materiais de revestimento que serão aplicados na parede de concreto, com o objetivo de melhorar o desempenho, durabilidade e minimizar manifestações patológicas provenientes da falta de aderência das camadas do revestimento. Neste estudo em questão o foco será direcionado para os revestimentos cerâmicos, por ser considerado na prática um dos serviços mais críticos e propícios a apresentarem problemas.

1.4.1 Argamassa colante

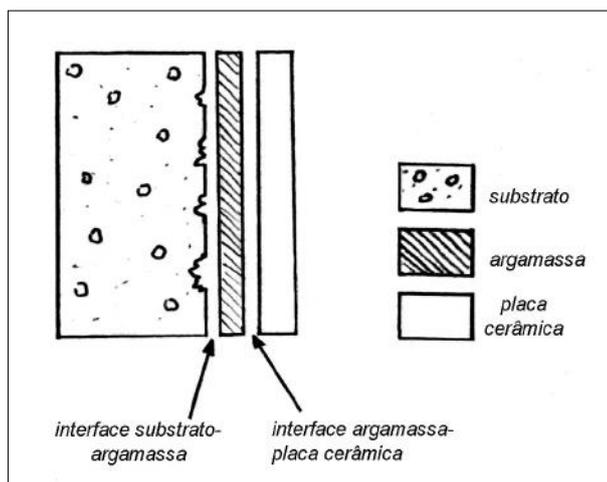
O tipo de argamassa escolhida para ser usada na obra interfere diretamente nas atividades de produção e na logística de canteiro, como por exemplo, a aquisição de ferramentas e equipamentos necessários para execução dos serviços. A escolha da argamassa industrializada, ao contrário da argamassa rodada no canteiro de obras, garante ganhos logísticos significativos, além de minimizar o risco de falhas durante o processo produtivo no canteiro (RIBAS, 2008).

A utilização de argamassa industrializada aumenta a qualidade do desempenho do material, isso porque a dosagem de materiais e aditivos é rigorosamente realizada pela indústria, o que pode ser ineficiente na argamassa rodada no canteiro.

O serviço de assentamento do revestimento cerâmico em um substrato qualquer é frequentemente realizado com uma camada intermediária de argamassa colante. Essa camada

por ficar em contato com duas interfaces diferentes (substrato/argamassa e argamassa/placa cerâmica) conforme exemplificado na figura 9, precisa apresentar uma boa aderência para que o sistema de revestimento cerâmico, como um todo, manifeste o desempenho desejado (COSTA, 2006).

Figura 10: Sistema de aderência do revestimento cerâmico



Fonte: COSTA (2006)

Segundo KUDO, CARDOSO e PILEGGI (2013), as argamassas colantes são produtos composto de areia natural ou artificial, ligantes (cimento) e aditivos químicos que atuam como um adesivo para assentamento de revestimentos em pisos e paredes. A NBR 14081-1/2012, acrescenta nessa definição que a argamassa colante industrializada é um produto no estado seco que quando misturado com água forma uma massa viscosa, plástica e aderente. As argamassas colantes, de acordo com a mesma norma podem ser classificadas em ACI, ACII, ACIII e as do tipo E e D.

Conforme representado na tabela a seguir, a composição das argamassas colantes se diferencia nas quantidades de cimento, areia fina, celulósico e polímero.

Tabela 1: Composição das argamassas colantes

MATÉRIAS PRIMAS	TIPOS DE ARGAMASSAS COLANTES		
	ACI	ACII	ACIII
CIMENTO	20 %	23%	28%
AREIA FINA	79,80 %	75,77 %	69,92 %
CELULÓSICO	0,20 %	0,23%	0,28%
POLIMERO	##	1,00%	1,8%

Fonte: VITORINO (2013)

1.4.1.1 Argamassa colante industrializada – AC I

Argamassa colante industrializada tipo I apresenta particularidades específicas às solicitações de resistência mecânica e termo-higrométrica de revestimentos internos, com exceção dos aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais (NBR 14081-1/2012). Segundo KUDO, CARDOSO E PILEGGI (2013) são utilizados éteres de celulose MHEC (metil-hidroxietil-celulose) e/ou MHPC (metil-hidroxipropil-celulose) na formulação da argamassa ACI, como aditivos que promovem a retenção de água, aumentam a viscosidade e contribuem na resistência de aderência.

1.4.1.2 Argamassa colante industrializada – AC II

Argamassa colante industrializada que apresenta características de adesividade que possibilitam a absorção de esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos submetidos aos ciclos de variação termo-higrométrica e à ação do vento (NBR 14081-1/2012). A composição da ACII é semelhante à ACI, porém nesse tipo de argamassa é acrescentado compostos poliméricos, que auxiliam na adesividade da argamassa e propiciam dessa forma, uma melhor resistência à aderência.

1.4.1.3 Argamassa colante industrializada – AC III

Argamassa colante industrializada que possui aderência superior em relação às argamassas tipo I e II (NBR 14081-1/2012). A AC III, apresenta maior quantidade de polímeros adicionados em sua composição, o que confere maior capacidade adesiva quando comparada com as do tipo I e II.

1.4.1.4 Argamassa colante industrializada – Tipo E

Argamassa colante industrializada semelhante aos tipos I, II e III, porém com o tempo em aberto estendido (NBR 14081-1/2012).

1.4.1.5 Argamassa colante industrializada – Tipo D

Argamassa colante industrializada semelhante aos tipos I, II e III, porém com o deslizamento reduzido (NBR 14081-1/2012).

1.4.2 Placas cerâmicas

Um dos materiais mais aplicados como revestimento interno é a placa cerâmica. MEDEIROS (1999) define placas cerâmicas como:

“Componentes cujas duas dimensões (largura e altura) predominam sobre uma terceira (espessura), produzidas a partir de argilas e/ou outras matérias-primas inorgânicas, conformadas através de extrusão (tipo A) ou prensagem (tipo B) e sinterizadas por meio de processo térmico, e utilizadas como componente principal da camada mais externa de revestimentos cerâmicos de pisos e paredes.”

A NBR 13818 (ABNT,1997) apresenta várias características importantes das placas cerâmicas e determina que essas propriedades precisam ser avaliadas em função da aplicação ou uso específico em cada tipo de revestimento. CAMPANTE e BAÍA (2003) explicam algumas dessas propriedades das placas cerâmicas:

- a) Absorção de água: propriedade relacionada à porosidade da placa cerâmica e que interfere na resistência mecânica e resistência à impactos;
- b) Resistência mecânica: propriedade relacionada à composição da placa cerâmica e sua espessura, sendo medida através do módulo de resistência à flexão e da carga de ruptura;
- c) Resistência à abrasão: propriedade medida através da abrasão superficial para placas esmaltadas e da abrasão profunda para placas não esmaltadas;
- d) Dilatação térmica e expansão por umidade (EPU): propriedade relacionada ao aumento de dimensão da placa, causado por variação de calor e umidade, respectivamente;
- e) Resistência à gretagem: propriedade que ocorre em placas esmaltadas quando a expansão da camada superficial e expansão do corpo da placa não acontecem na mesma intensidade, gerando fissuras finas;

- f) Resistência a choques térmicos: é a propriedade que faz a placa resistir a uma grande variação de temperatura;
- g) Resistência à mancha: propriedade associada à facilidade de limpeza da superfície da placa;
- h) Resistência à ataque químico: propriedade que mede a resistência da placa diante a ação de produtos químicos, como materiais de limpeza por exemplo;
- i) Resistência ao escorregamento: propriedade medida pelo coeficiente de atrito dinâmico, quanto maior a rugosidade da placa, maior a resistência ao escorregamento.

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES DA ARGAMASSA COLANTE E A INTERFERÊNCIA NA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA

2.1 Principais propriedades da argamassa no estado fresco

Segundo COSTA (2006), a aplicação da argamassa colante é realizada no estado fresco, durante os primeiros 30 minutos após o amassamento, exercendo ainda nessas condições as suas características reológicas. As características da argamassa no estado fresco influenciam no desempenho final endurecido, pois o cobrimento das superfícies de contato dependerá dessas propriedades iniciais. A falta de cobrimento na superfície de contato quando se apresentar ineficiente nas interfaces pode resultar em descolamentos do revestimento.

Os agentes de exposição ambientais como a temperatura, umidade relativa e vento podem prejudicar o desempenho da argamassa colante em seu estado fresco. Sendo assim é necessário fazer um estudo prévio das características climáticas da região que será aplicado o material (SILVA, 2003).

2.1.1 Tempo em aberto

A NBR 14081 (ABNT, 2012) define tempo em aberto como “maior intervalo de tempo para o qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante, a qual proporcionará, após um período de cura, resistência à tração simples ou direta”.

Segundo PÓVOAS (1999), o tempo em aberto causa perda de água de amassamento por sucção do substrato ou por evaporação, que ocorre após o espalhamento da argamassa colante na base. Se o tempo em aberto for estendido, pode ocorrer a formação de uma película na superfície da argamassa, que interfere na adesão inicial e na resistência de aderência, gerando assim o descolamento do revestimento cerâmico.

Tabela 2: Tempo em aberto para argamassa colante

Requisito	Método de ensaio	Unidade	Critério		
			AC I	AC II	AC III
Tempo em aberto	ABNT NBR 14081-3	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20

Fonte: NBR 14081 (ABNT, 2012)

2.1.2 Consistência

Segundo CARVALHO JR (1999) a consistência da argamassa pode ser seca, plástica ou fluida. A consistência seca é quando a pasta ocupa os vazios entre os grãos, os quais permanecem em contato e com atrito, deixando assim a massa áspera. A consistência plástica é quando uma fina película da pasta age como lubrificante na superfície dos agregados, gerando uma boa adesão entre eles. Na consistência fluida os grãos de agregado ficam imersos na pasta, sem coesão interna e com tendência de segregação. O autor completa afirmando que o limite recomendável de consistência (diâmetro) obtida na *flow-table* para argamassa colante industrializada é de 300 a 350 mm.

Figura 11: Consistência da argamassa medida na *flow-table*



Fonte: COSTA (2016)

Porém COSTA 2006, afirma que o ensaio na *flow-table* não é recomendado para medir a consistência da argamassa colante, isso porque sua adesividade interfere no escorregamento na mesa durante o ensaio. COSTA, CINCOTTO e PILEGGI (2005) afirmam que o ensaio “*Squeeze Flow*” possibilita uma melhor caracterização reológica das argamassas, e consiste no

escoamento do material pela aplicação de uma carga de compressão dinâmica sobre a amostra no estado fresco.

2.1.3 Plasticidade

Plasticidade é a propriedade que faz com que a argamassa tende a reter a deformação após a redução dos esforços da deformação. Pode ser influenciada pelo teor de ar, natureza e teor dos aglomerantes e intensidade da mistura (CARVALHO JR, 1999).

Segundo MOURA (2007), a plasticidade é decorrente da coesão da argamassa, sendo dependente da área específica e das forças de atração e repulsão entre as partículas. A autora completa afirmando que a plasticidade e a consistência condicionam e determinam a trabalhabilidade.

2.1.4 Trabalhabilidade

Trabalhabilidade é a propriedade que proporciona às argamassas a habilidade de fluir ou de espalhar-se sobre a superfície dos substratos com a capacidade de penetrar por suas saliências, protuberâncias e fissuras (CARASEK 1996). A trabalhabilidade é definida por COSTA (2016) como a propriedade que determina a facilidade com que as argamassas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea.

CARVALHO JR (1999) explica que a trabalhabilidade pode ser alterada de forma positiva na medida em que o módulo de finura do agregado diminui, a continuidade da granulometria fica estável e quando decresce o teor de grãos angulosos. O autor completa afirmando que a utilização de cal reflete de forma positiva para melhorar a trabalhabilidade, pois diminui a tensão superficial da pasta e contribui para molhar a superfície dos agregados. As argamassas colantes industrializadas já apresentam em sua composição a quantidade ideal de cal.

2.1.5 Retenção de água

A retenção de água é a propriedade que mantém a consistência ou a trabalhabilidade da argamassa quando é submetida às solicitações que causam a perda de água, tais como a evaporação, sucção e absorção do substrato (CARVALHO 1999). Segundo GASPERIN (2011),

a aplicação de uma argamassa com baixa capacidade de retenção de água em substrato com alta tendência de sucção pode resultar em um sistema com baixa resistência de aderência. Isso acontece devido à argamassa perder rapidamente a água de amassamento para a base, impossibilitando assim as reações de hidratação do cimento e carbonatação da cal.

A capacidade de retenção de água é um dos principais requisitos da argamassa colante, pois possibilita a aplicação em uma camada fina, sem a necessidade de molhar as placas cerâmicas e o substrato, diminuindo assim o número de serviços para a execução de revestimento cerâmico (SILVA, 2003). Na composição das argamassas colantes industrializadas são inseridos aditivos com capacidade de promover a retenção de água.

2.1.6 Aderência inicial ou adesão inicial

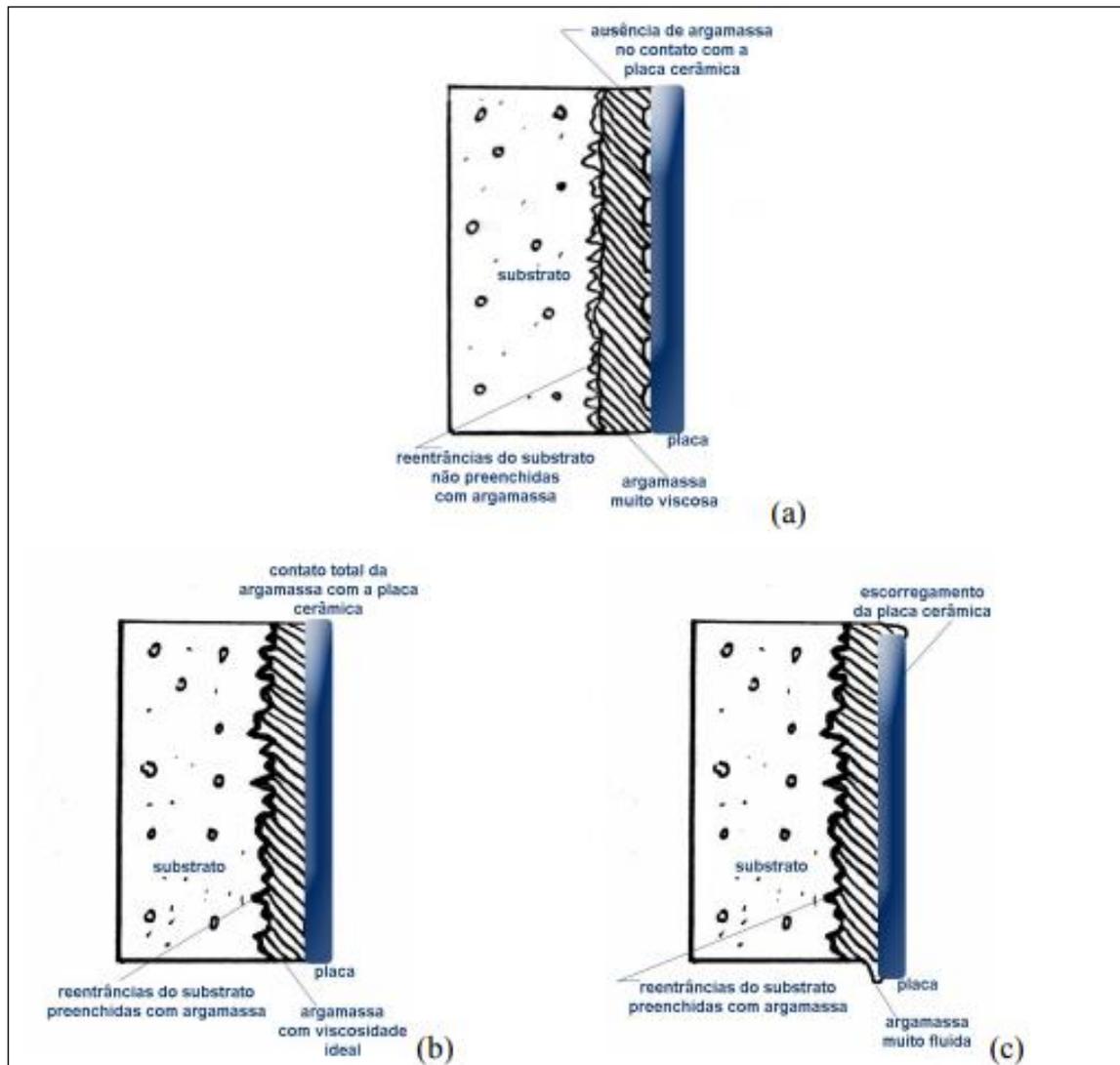
A aderência no estado fresco, também conhecida como adesão inicial, depende tanto das características de trabalhabilidade da argamassa, quanto das particularidades do substrato, como por exemplo, a porosidade e rugosidade da superfície. A adesão acontece pela ancoragem mecânica da pasta da argamassa aos poros e irregularidades da base, dependendo assim de fatores como preparo e limpeza da base (CARVALHO, 1999).

A adesão está diretamente relacionada com diversas características reológicas da pasta, conforme já citado anteriormente. A viscosidade da argamassa também pode interferir na adesão inicial, conforme exemplificado na figura 11.

Na figura representativa “a”, a argamassa é muito viscosa e não apresenta a capacidade de penetrar nas deformidades da base, além de não apresentar contato com a placa cerâmica. Já na figura b, a argamassa apresenta viscosidade ideal, além de exibir penetração nas irregularidades da base e contato total com a placa cerâmica. No exemplo c, a argamassa está fluida, isto é, pouco viscosa e apresenta baixa tensão de escoamento, não apresentando capacidade de suportar o peso da placa cerâmica e o peso próprio (COSTA, 2006).

A adesão inicial (no estado fresco da argamassa) e a aderência (no estado endurecido) são as duas etapas mais importante que conferem ao sistema um ideal mecanismo de aderência e conseqüentemente revestimentos com bom desempenho.

Figura 12: Eficiência do contato da argamassa colante nas interfaces em função da sua viscosidade



Fonte: COSTA (2006)

2.2 Propriedades da argamassa no estado endurecido

Segundo SILVA (2003), no estado endurecido a argamassa colante tem a função de propiciar aderência entre a placa cerâmica e o substrato, proporcionando segurança ao usuário e gerando um bom desempenho do revestimento cerâmico. Nesse estado, a argamassa também está sujeita a diversos agentes de exposição, como por exemplo, a temperatura, umidade relativa do ar e vento, além dos fatores de carregamento da estrutura que está revestindo, como a deformação lenta da estrutura e fadiga. Esses agentes são fatores relevantes que podem prejudicar o revestimento cerâmico e acarretar ao descolamento das placas cerâmicas.

2.2.1 Aderência

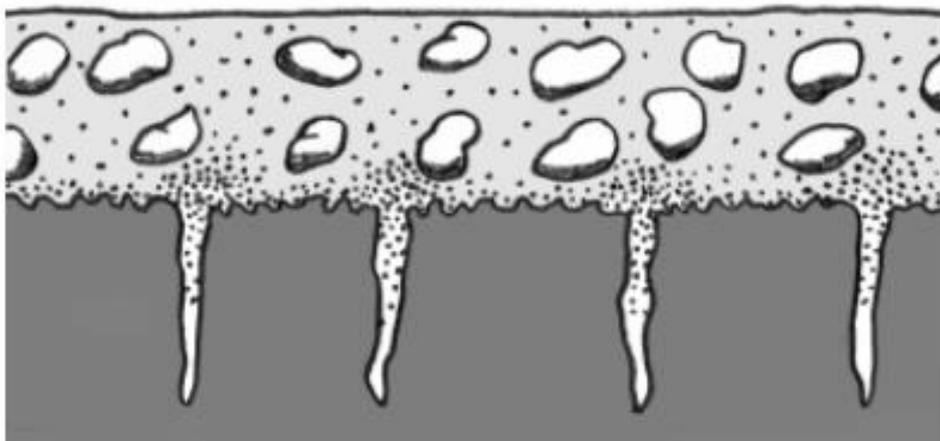
A propriedade responsável pela fixação entre as camadas de revestimento cerâmico e os diversos substratos é denominada como aderência. A aderência é a propriedade que apresenta capacidade de absorver tensões normais e tangenciais à superfície de interface argamassa/base. A capacidade de aderência da interface base-argamassa depende de vários fatores tanto do substrato, quanto da argamassa (CARVALHO JR, 1999).

A NBR 13528 (ABNT 2010) explica que a aderência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, mas da interação entre as camadas de revestimento e por isso é necessário especificar o substrato que a argamassa será aplicada. Segundo PEREIRA, SILVA E COSTA (2013) e THURLER e FEREEIRA (1995), a aderência pode ser classificada como mecânica obtida pelo engaste entre o substrato e a argamassa colante, ou química alcançada por meio de forças eletrostáticas de Van Der Walls.

2.2.1.1 Aderência mecânica

Segundo CARASEK (1996), a aderência mecânica é um fenômeno caracterizado pela entrada da pasta de cimento nos poros do substrato que ao hidratar-se, forma hidróxidos e silicatos que promovem a ancoragem do revestimento.

Figura 13: Aderência mecânica presente em substratos porosos

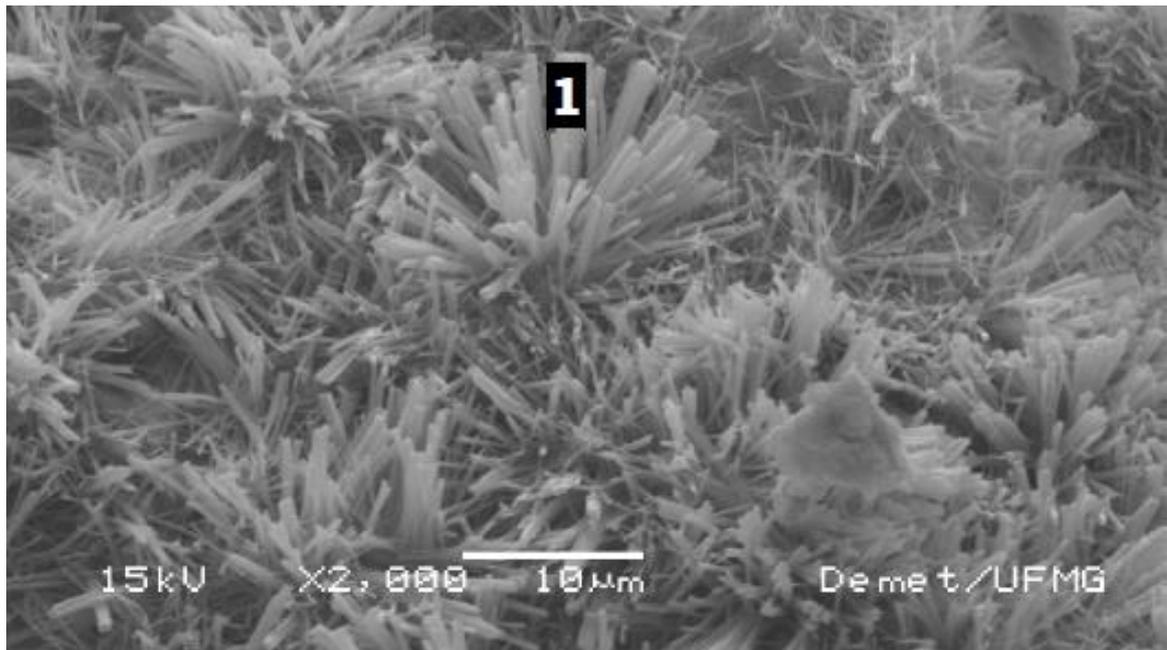


Fonte: VITORINO (2016)

CARASEK (1996) constatou através de microscopia a morfologia que o intertravamento de cristais de etringita nos poros do substrato é o principal fenômeno

responsável pela resistência de aderência. Dessa forma, pode-se concluir que as características do substrato, principalmente o seu grau de porosidade, causa grande influência na resistência à aderência.

Figura 14: Fotomicrografia realizada com o MEV-IES na interface bloco cerâmico e argamassa com a presença de etringita (1)

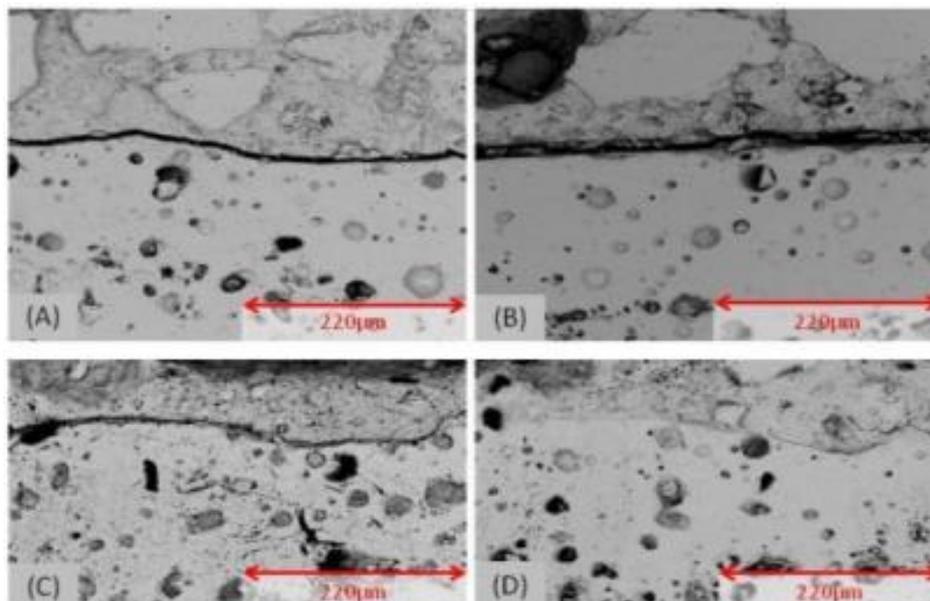


Fonte: CARVALHO (2005)

2.2.1.2 Aderência química

A aderência química, ao contrário da mecânica, acontece através de uniões químicas entre argamassa e o substrato, que funciona como uma “cola”. Neste caso, o substrato por ser pouco poroso, não permite a entrada da pasta de cimento em seu interior e a aderência ocorre através dessa “colagem” na interface. Essa aderência acontece devido à incorporação de aditivos à argamassa, como por exemplo, os polímeros.

Figura 15: Fotomicrografia (MEV) da interface entre piso cerâmico antigo e argamassa colante aplicada externamente. (Sistema de assentamento de piso sobre piso)



Fonte: PEREIRA, SILVA e COSTA (2013)

Segundo GRILLO (2010), a aderência química ocorre através de processos conduzidos pelas forças de Van Der Walls:

“A aderência formada pela presença de ligações entre moléculas e a adsorção química da argamassa com o substrato, são processos de ligação regida pelas forças de Van Der Walls. As ligações de Van Der Valls são conduzidas por forças intermoleculares, entre moléculas eletricamente neutras. Essas forças são as responsáveis por muitos fenômenos físicos e químicos, como a adesão, a atrito e a viscosidade.”

2.2.2 Resistência de aderência à tração

A NBR 13754 (ABNT 1996) especifica que ao conferir o serviço de revestimento cerâmico e julgar que as placas não estão aderidas à base (apresentando som cavo ao realizar o teste de percussão, por exemplo), é necessário realizar o ensaio de arrancamento. Esse teste, segundo a NBR 13754 (ABNT 1996) consiste em determinar a tensão de aderência de um revestimento cerâmico na obra, pela aplicação de uma força simples normal aplicado em uma pastilha metálica que é colada na cerâmica. Em cerâmicas maiores que 100 mm de lado, essa pastilha precisa ser colada de modo que o centro coincida com o cruzamento das juntas perpendiculares e seus lados paralelos às juntas da cerâmica. Após a secagem da cola, deve-se

cortar o revestimento cerâmico até atingir o substrato, usando a pastilha como guia. Os resultados da resistência de aderência obtidos precisam ser iguais ou superiores ao valor de 0,3 MPa, conforme demonstrado na tabela 3, que foi reproduzida da norma.

Tabela 3: Limites de resistência de aderência à tração (Ra)

Local		Acabamento	Ra
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

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013)

Segundo a NBR 13754 (ABNT, 1996), ao realizar o teste de arrancamento a ruptura pode ocorrer aleatoriamente entre qualquer interface ou no interior de uma das camadas. A identificação do local onde ocorre a ruptura é importante para diagnosticar qual a camada ou interface apresenta menor resistência no revestimento. Conforme explicado por BRIEN e MAHBOUB (2013) essas rupturas podem ser:

- a) Ruptura coesiva na argamassa (CF/A) - acontece quando a resistência à tração direta da argamassa é menor do que a força de ligação entre a argamassa e o substrato e a resistência à tração direta do substrato.
- b) Ruptura coesiva no substrato (CF/S) – acontece quando tanto a resistência à tração direta da argamassa como a força de ligação entre a argamassa e o substrato são superiores à resistência à tração direta do substrato.
- c) Ruptura adesiva com o substrato (AF/S) - quando a força de ligação entre a argamassa e o substrato é menor que a resistência à tração direta da argamassa ou a resistência à tração direta do material do substrato.

No caso do revestimento cerâmico, a ruptura adesiva pode acontecer também entre a argamassa colante e a placa cerâmica. Outro tipo de ruptura descrito na ABNT NBR 13754/1996, é a que ocorre entre a pastilha do equipamento e a cerâmica. Neste caso a ruptura ocorre por imperfeição de colagem e se o valor de resistência à aderência for menor que 0,3 MPa, deve-se desprezar o resultado.

2.2.3 Resistência de aderência ao cisalhamento

Para efetiva avaliação da qualidade da argamassa, mais importante que a realização do teste de resistência à tração, é a análise de resistência ao cisalhamento. Essa afirmação foi realizada por GOLDGERG (1998) apud SILVA (2003) e explicado que a natureza das tensões geradas no revestimento cerâmico é em grande parte paralela ao seu plano. Esse teste ainda não está previsto para análise na NBR 14081/2012.

Segundo SILVA (2003), acredita-se que diversas tensões são formadas na camada da argamassa colante, gerando deformações e conseqüentemente o descolamento das placas cerâmicas. Porém a complexidade de análise está na previsão de qual é a característica da tensão máxima que causa o descolamento.

2.2.4 Elasticidade/Deformidade

A elasticidade ou deformidade é a propriedade conhecida também como capacidade de absorver deformações. Segundo CARVALHO JR (1999), a “elasticidade é a capacidade que a argamassa apresenta em se deformar sem que ocorra ruptura (ou através de microfissuras imperceptíveis), retornando às suas dimensões iniciais quando cessam as solicitações que lhe são impostas”. Essas microfissuras podem ocorrer devido à retração de secagem, retração térmica ou ações externas do revestimento.

O revestimento cerâmico está propenso a deformações que acarretam tensões entre as camadas do revestimento e também sobre os componentes do revestimento: substrato, argamassa colante e placa cerâmica (SILVA 2003). Por isso é importante o conhecimento das propriedades dos materiais e da interação entre eles.

2.3.5 Retração por secagem

A retração é a propriedade que acontece devido à diminuição de volume por diversas causas da argamassa. Na maioria das vezes, a retração acontece por causa da perda de água por evaporação para o ambiente ou por sucção para o substrato (SILVA, 2003).

No caso da argamassa colante em seu estado endurecido, a ocorrência de retração por secagem impactaria diretamente na aderência do revestimento. A formação de fissuras, além da diminuição de volume da camada intermediária do sistema de revestimento cerâmico, ocasionaria a formação de tensões internas e conseqüentemente o descolamento das placas cerâmicas.

CAPÍTULO 3

ASPECTOS DO SUBSTRATO DE CONCRETO QUE INTERFEREM NA ADERÊNCIA DA ARGAMASSA

A expressão aderência é utilizada para explicar a resistência e a extensão do contato entre uma argamassa e a base. Essa base, também especificada como substrato, pode ser constituída por diversos tipos de materiais, como por exemplo, alvenaria com bloco de concreto ou cerâmico, alvenaria de tijolo cerâmico ou também por estruturas de concreto moldado *in loco* (COSTA, 2016). Dessa forma, não se pode avaliar a resistência de um sistema de revestimento cerâmico, sem especificar o tipo de substrato em que está aplicado, pois como já visto anteriormente, a aderência é uma propriedade decorrente da interação das camadas constituintes do sistema.

3.1 Influência da porosidade e absorção de água do substrato

A porosidade e a absorção de água do substrato são propriedades estritamente relacionadas, uma vez que a migração de água para o interior da base é realizada pelos poros existentes na superfície. Segundo PAES, BAUER e CARASEK (2005), as características superficiais do substrato, assim com a sua porosidade influem diretamente no transporte de água da argamassa no estado fresco para o substrato poroso. Essas características dos poros são: o diâmetro, volume, distribuição e interconectividade. A falta dessas particularidades na superfície do concreto influencia diretamente na resistência de aderência do sistema de revestimento.

KAZMIERCZAK, BREZEZINSKI e COLLATTO (2007) também afirmam que a distribuição de poros da base influencia fortemente na aderência da argamassa. A quantidade de poros com dimensões superiores a 50 μm (denominados macroporos) interfere significativamente na capacidade de absorção de água, por serem os maiores responsáveis pela permeabilidade da base. Os mesoporos e microporos influenciam em outras propriedades, como a retração por exemplo.

3.2 Influência da rugosidade do substrato

A textura da superfície do substrato, também conhecida como rugosidade superficial, é

importante para a ocorrência da aderência. Segundo BAUER (2005), as rugosidades são pontos de ancoragem da argamassa empregada em um substrato, que quando são rugosos possuem maior área de contato com a argamassa, aumentando assim a resistência de aderência. Ao contrário, uma vez que os substratos apresentarem superfícies lisas, os valores de aderência são menores, sendo necessária assim a preparação da superfície com o objetivo de torná-la rugosa e aumentar a área de contato com a argamassa.

Segundo PRETTO (2007), as irregularidades formadas na superfície do concreto podem ser geradas pela forma utilizada, pela vibração e conseqüentemente migração de bolhas de ar para a superfície. Para ROMERO (2010), para que a aderência mecânica aconteça, é necessário que a argamassa penetre nos poros e nas rugosidades superficiais do substrato. O autor também afirma que é necessário fazer um tratamento superficial no substrato, com o objetivo de criar rugosidade, para aumentar a força de aderência na interface com a argamassa.

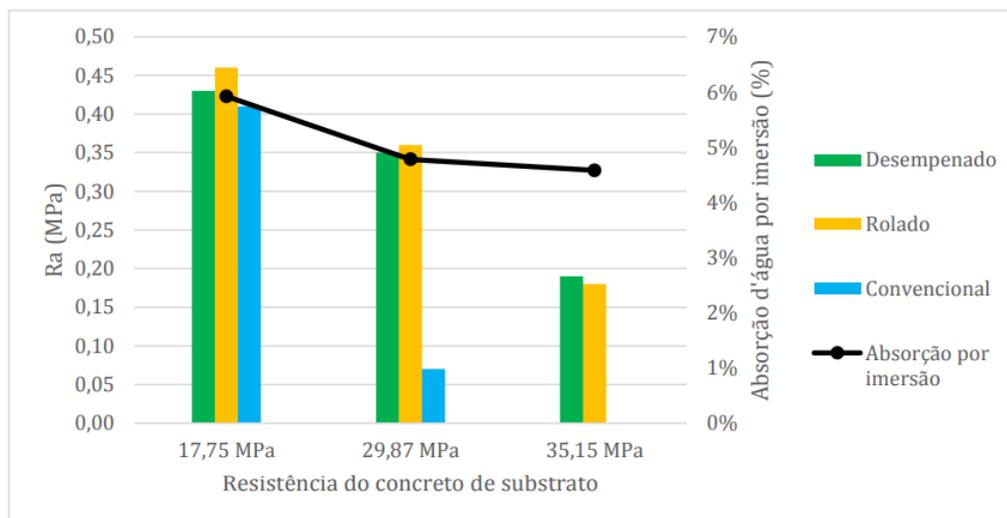
Essa rugosidade superficial do concreto pode ser criada de diversas formas de execução, tais como o lixamento, escovação, apicoamento, projeção de partículas abrasivas, utilização de retardador de pega, entre outros.

3.3 Influência da resistência do substrato

Segundo STOLZ (2011) existe uma relação inversa entre a resistência e a porosidade de um sólido, sendo que a quantidade de vazio capilar depende da quantidade de água adicionada na mistura e do grau de hidratação do cimento. Entende-se então, que o aumento do grau de hidratação do cimento e diminuição do fator água/cimento, implica em uma redução de porosidade capilar. Logo, quanto maior a resistência do concreto, menor será a sua porosidade e conseqüentemente maior será a dificuldade de ancoragem mecânica da argamassa em seu interior, diminuindo assim a aderência dos revestimentos aplicados em sua superfície. Na ocorrência da situação contrária, sendo o concreto muito poroso, a argamassa pode perder água necessária para as reações de hidratação do cimento para o substrato, diminuindo dessa forma a aderência.

BECKER e ANDRADE (2017) fizeram um estudo sobre a aplicação de vários tipos de chapiscos em concretos com resistências distintas e realizaram o teste de aderência. Os resultados encontrados estão ilustrados no gráfico 1, onde está evidenciado que à medida que a resistência do concreto aumenta, a resistência de aderência da argamassa e absorção de água diminuem.

Gráfico 1: Relação entre resistência de aderência, resistência do concreto e sua absorção



Fonte: BECKER e ANDRADE (2017)

Neste capítulo 3 pode-se observar que o estudo sobre as particularidades do substrato em que será aplicada a argamassa é de suma importância para que os resultados de aderência sejam satisfatórios. A parede de concreto, que é o substrato em estudo nesta pesquisa, possui resistência elevada e baixa porosidade o que resulta em uma superfície lisa. Além dessas características, outro fator que diminui a aderência da argamassa é a presença do desmoldante. Dessa forma, para que uma boa aderência do revestimento cerâmico aconteça, é necessária execução de um tratamento superficial rigoroso da base. No capítulo a seguir, serão apresentados alguns aspectos importantes do preparo da base, além de algumas recomendações de execução do serviço de revestimento, com o objetivo de melhorar a aderência entre a argamassa colante e a parede de concreto.

CAPÍTULO 4

ASPECTOS DA EXECUÇÃO DO SERVIÇO QUE INTERFEREM NA ADERÊNCIA DA ARGAMASSA COLANTE NA PAREDE DE CONCRETO

4.1 Preparação da superfície

Segundo ROMERO (2010) a aderência é um fenômeno que requer maior contato entre a argamassa e o substrato, sem que resíduos estranhos impregnados na superfície da base interfiram nessa união. É importante compreender que a ligação na interface do sistema de revestimento, será mais eficiente se a superfície estiver tratada, isto é, limpa e com rugosidade superficial adequada para promover a ancoragem da argamassa ao substrato.

Antes de iniciar a execução do revestimento cerâmico, é necessário retirar a rebarba do concreto presente na união das placas, além de executar os fechamentos dos vãos de ancoragem das formas deixados na parede.

Um dos fatores considerados responsáveis pelo descolamento de placas cerâmicas da parede de concreto é a falta de limpeza da superfície e conseqüentemente a presença da película de desmoldante em sua base. Dessa forma serão destacados a seguir os tipos de execução que podem ser considerados eficientes para a retirada do desmoldante impregnado na superfície da parede de concreto.

4.1.2 Limpeza da base e remoção do desmoldante

O uso de desmoldante na parede de concreto é fundamental para que o serviço de desforma aconteça facilmente e não atrase o ciclo de concretagem. O desmoldante garante que o concreto não fique aderido na forma, além de preservar o seu desempenho e durabilidade. Por outro lado, o excesso de desmoldante que penetra pelos poros do concreto pode deixá-lo hidrófugo, diminuindo a aderência da argamassa que como já visto anteriormente, se dá na maioria das vezes pela sua ancoragem nos poros do substrato.

Segundo ABBATE (2003), a remoção do desmoldante “pode ser feita de maneira mecânica - jato de areia seca ou úmida, jato de água quente em alta pressão -, química - escovamento com água e detergente, o que requer lavagem posterior com água ou ar em alta pressão - ou com o próprio apicoamento do concreto.” O autor completa afirmando que outras

boas práticas para a remoção da película de desmoldante é a escovação da superfície do concreto com uma escova de aço e a lavagem com água pressurizada ou água combinada com algum tipo de abrasão, como escovas de cerdas de náilon.

Em situações mais complexas, nas quais o concreto apresente manchas causadas pelo excesso de desmoldante, o autor recomenda a lavagem com água e sabão alcalino, acompanhada com escovação ou a remoção mecânica da camada superficial impregnada por meio de pistola de agulhas ou lixamento.

Segundo PRETTO (2007), o tratamento da superfície não consiste apenas em realizar a limpeza do desmoldante impregnado, mas também proporcionar rugosidade ideal na superfície e garantir a abertura dos poros do concreto para que haja perfeita aderência com o revestimento posterior.

4.1.3 Tipos de tratamento superficial da base

O concreto utilizado na parede de concreto atinge altas resistências (em torno de 30 à 40 MPa) aos 28 dias. Como explicado anteriormente no item 3.3 desta pesquisa, concretos com alta resistência apresentam superfícies pouco porosas e lisas, o que conseqüentemente não permitem boa aderência da argamassa.

Segundo PRETTO (2007), a baixa porosidade associada à impregnação do desmoldante na superfície do concreto resulta na necessidade de tratamentos superficiais específicos e de maior agressividade. Esses tratamentos devem garantir a formação de rugosidade na superfície do concreto.

Entre os diversos tipos de tratamentos superficiais, destacam-se:

a) Limpeza química – baseia-se na utilização de produtos químicos como detergentes, ácidos, bases e solventes orgânicos (PRETTO, 2007). Os detergentes por serem tensoativos, reduzem a tensão superficial porque suas moléculas possuem cabeça hidrofílica (afinidade com água) e cauda hidrofóbica (pouca afinidade com água e muito afinidade com óleos e gorduras). Desse modo, a primeira adere às moléculas de água e a segunda às gorduras, como por exemplo, o desmoldante (FERNANDEZ, 2008). Após a utilização do detergente para a limpeza é necessário o enxague da parede com jato de água, com o objetivo de retirar por completo o detergente da superfície e evitar problemas futuros com o desempenho do revestimento.

b) Escovação – pode ser realizado manual ou mecanicamente. Segundo PRETTO (2007), a escovação manual é realizada com escovas de cerdas de aço e é indicada para regiões de pequenas dimensões. Já a escovação mecânica apresenta maior produtividade, porém é necessário ter o cuidado de não polir a base e provocar efeito contrário do esperado, que é a de criar rugosidade.

c) Lixamento – pode ser realizado manual ou mecanicamente. O lixamento manual é um procedimento muito simples, porém o rendimento é baixo. O preparo superficial consiste em esfregar vigorosamente a superfície em movimentos circulares até obter uma superfície rugosa, com o auxílio de uma lixa d'água para concreto. Já o lixamento mecânico é realizado com a lixadeira e permite a abertura e limpeza dos poros. (MASUERO, 1993).

d) Apicoamento – é o procedimento que consiste em lascas a superfície do concreto com o objetivo que retirar a nata superficial e obter uma superfície rugosa. Pode ser manual com a utilização de talhadeira, marreta, ponteira ou martelo ou mecânica com auxílio do martetele. O apicoamento pode ser parcial (remoção superficial ocorre em pontos espaçados) ou realizado na totalidade da superfície.

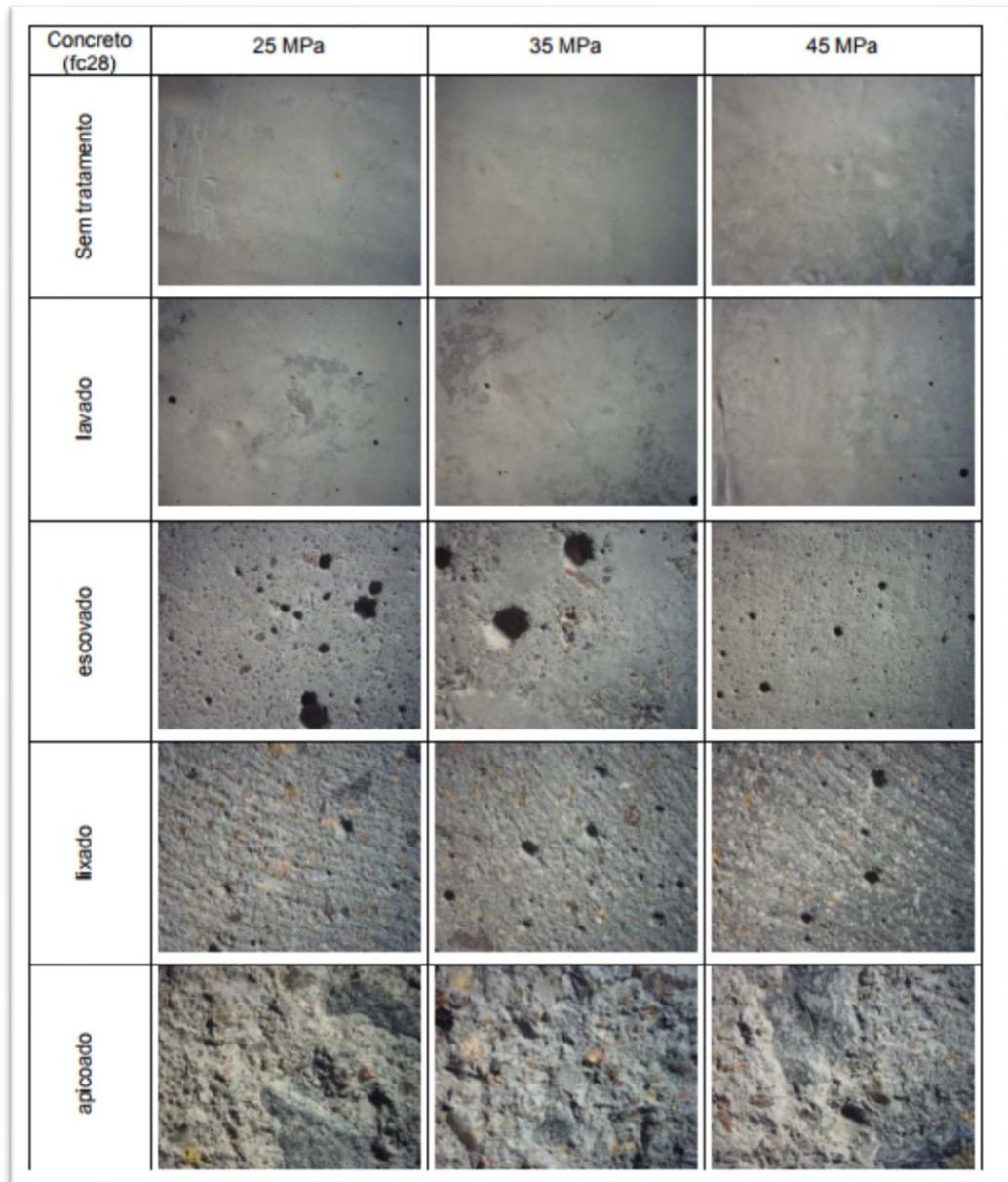
Figura 16: Apicoamento total realizado na superfície



Fonte: CABREDO et. al. (2003)

Em sua pesquisa sobre a influência da rugosidade superficial do concreto na aderência de argamassa, PRETTO (2007) concluiu que a escovação, o lixamento e o apicoamento são tratamentos que realmente proporcionam rugosidade à superfície, de forma possível a melhorar a aderência da argamassa. Na figura 16, é ilustrado as superfícies de concretos com resistência de 25, 35 e 45 MPa respectivamente, que o autor alcançou após executar os tratamentos superficiais.

Figura 17: Tipos de tratamento superficial para criação de rugosidade e remoção do desmoldante



Fonte: PRETTO (2007)

4.2 Escolha do tipo de argamassa para aplicação do revestimento cerâmico

Como já citado anteriormente, as argamassas industrializadas apresentam pontos positivos quando comparadas às dosadas em obra. Além de melhorar a logística do canteiro, as argamassas industrializadas apresentam melhor desempenho por possuir materiais e aditivos que são rigorosamente dosados durante sua fabricação, o que pode apresentar falta de controle da mão de obra no canteiro ao rodar uma argamassa.

Com a escolha da argamassa colante industrializada para executar o serviço do revestimento cerâmico, é necessário analisar qual dos tipos (ACI, ACII ou ACIII) apresentaria melhor durabilidade. Porém, pouco se sabe sobre o desempenho específico de cada uma delas quando aplicadas na parede de concreto, não existem pesquisas que tenham realizado esse estudo para que se tenha a melhor recomendação para esse tipo de uso. Como ainda não existe embasamento teórico, pode-se recomendar o uso da argamassa tipo II ou III, por apresentarem maior carga polimérica e conseqüentemente melhor adesividade, garantindo assim que a aderência aconteça de forma mecânica e química.

4.3 Recomendações para execução do serviço

Conforme supracitado, para execução do serviço do revestimento cerâmico é necessário fazer o preparo da parede de concreto e a escolha da argamassa a ser utilizada. Porém é preciso avaliar a forma como será executado o serviço, com o objetivo de minimizar ainda mais a falta de aderência entre as camadas de revestimento.

Segundo VIEIRA *et. al.* (2003) a preparação da argamassa colante no canteiro deve seguir as recomendações do fabricante quanto à quantidade de água deve ser adicionada e do tempo de repouso após a mistura, com o intuito de alcançar trabalhabilidade ideal. A argamassa colante pode ser misturada tanto de forma manual (com auxílio da colher) quanto mecânica (com a argamassadeira ou misturador de argamassas). A NBR 13754/1996 recomenda que a aplicação da argamassa colante ocorra em no máximo 2 h e 30 min após sua mistura e que seja protegida de sol, chuva e vento.

Conforme exemplificado na tabela 4, é necessário escolher a desempenadeira para cada dimensão de placa cerâmica. Além disso, a norma preconiza que para execução do assentamento das cerâmicas que tenham dimensões superiores a 900 cm² é necessário que a argamassa colante seja aplicada tanto no substrato, como no tardo da placa (ABNT NBR 13754/1996).

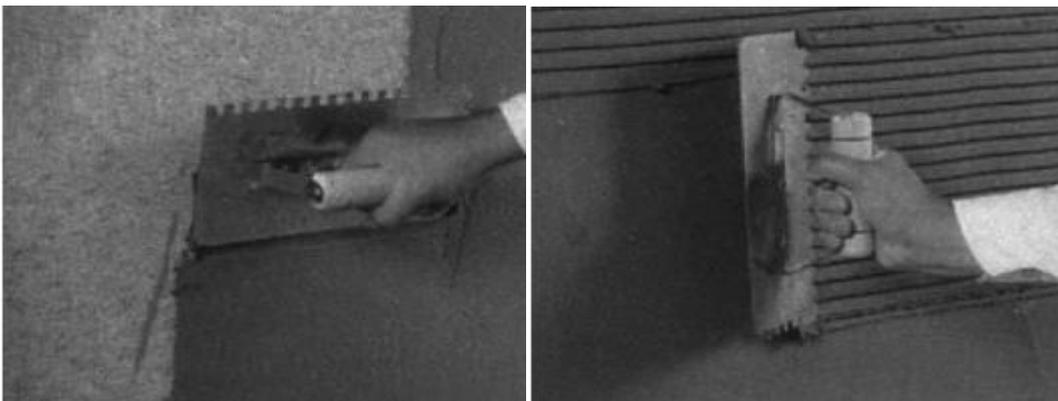
Tabela 4 : Recomendações de execução do assentamento das placas cerâmicas

Cerâmica a ser assentada	Tamanho do dente da desempenadeira	Aplicação da Argamassa
Até 20x20 cm	6x6x6	Na base
De 20x20 até 30x30 cm	8x8x8	Na base
Maior que 30x30 cm	8x8x8	Na base e no verso da cerâmica

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013)

Após o tempo de repouso, a NBR 143754/1996 recomenda que a argamassa colante deve ser aplicada na parede com o lado liso da desempenadeira em pequenos panos, para evitar que exceda o tempo em aberto recomendado. Em seguida deve-se realizar cordões no sentido horizontal com o auxílio da parte dentada da desempenadeira, conforme exemplificado na figura 18. Se a cerâmica possuir dimensões superiores que 900 cm², é necessário aplicar argamassa colante em seu tadoz com a parte dentada da desempenadeira, com frisos executado em posição de modo a cruzar os cordões do tadoz com o do substrato.

Figura 18: Execução recomendada para aplicação da argamassa colante



Fonte: Vieira et. al. (2003)

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO – ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO CERÂMICO APLICADO EM OBRA DE PAREDE DE CONCRETO

Para exemplificar o assunto analisado nesta pesquisa, será apresentado neste capítulo um estudo de caso com resultados positivos de aderência do revestimento cerâmico interno aplicado em parede de concreto. A equipe responsável pela obra realizou uma série de testes de resistência à tração e com os resultados obtidos foi possível escolher o tipo de argamassa que seria utilizada para o assentamento das placas cerâmicas, além de padronizar o modo como o serviço seria executado.

A seguir serão apresentadas algumas características da obra, assim como a prática utilizada para executar o serviço de revestimento cerâmico e os resultados obtidos através de testes de resistência à tração executados na obra.

5.1 Características da obra

A obra é um residencial composto por 50 blocos, com 4 pavimentos em cada bloco, sendo 4 apartamentos por andar, totalizando em 800 unidades com 1 vaga de garagem por unidade. Os apartamentos possuem 2 quartos, sala, cozinha e banheiro. O residencial possui em sua área comum um salão de festas, playground, espaço fitness, salão de jogos, churrasqueira, piscinas adulto e infantil além de espaço kids. A obra se enquadra no programa habitacional do governo Minha Casa, Minha Vida e possui tempo de execução de 27 meses.

O empreendimento é executado com o sistema construtivo de parede de concreto, exceto os blocos que são destinados para pessoas com deficiência, que neste caso são executados em alvenaria estrutural. A obra dispõe de um jogo e meio de formas metálicas e apresenta a capacidade de produzir a estrutura de seis apartamentos por dia.

5.2 Execução da estrutura

O primeiro serviço executado durante o dia na obra é a desforma dos apartamentos concretados no dia anterior. Porém antes de iniciar esse serviço é verificado se o concreto utilizado nessas unidades atingiu a resistência mínima para desforma, que no caso da obra em estudo é de 3 MPa, conforme previsto em projeto estrutural.

Com o objetivo de melhorar a logística da execução da estrutura, a obra possui um espaço no canteiro destinado para rompimento dos corpos de prova, o qual os laboratoristas são

responsáveis por moldar os corpos de provas de todos os concretos utilizados na obra, além de realizarem o ensaio de resistência à compressão e informarem os resultados obtidos para que a desforma possa ser iniciada.

Figura 19: Laboratório de concreto da obra



Fonte: Arquivo pessoal

Após a conferência da resistência do concreto, a obra inicia o serviço de desforma e montagem das formas, que acontecem simultaneamente. O serviço é executado pela mesma equipe, as placas metálicas são retiradas da estrutura concretada e levadas imediatamente para o local onde acontecerá a concretagem do dia. A equipe de montadores aplica desmoldante de origem vegetal nas placas da forma antes da montagem para facilitar o serviço de desforma.

Figura 20: Montagem das formas metálicas



Fonte : Arquivo Pessoal

O concreto utilizado na obra para preenchimento das formas é o autoadensável, com 3 MPa às 12 horas, slump flow de 70 e brita 0.

5.3 Preparo do substrato para receber o revestimento cerâmico

Após a equipe realizar o serviço de desforma, nota-se que parede apresenta superfície com aspecto pouco poroso, com rebarbas de concreto no encontro das placas, além de furos de ancoragem da forma.

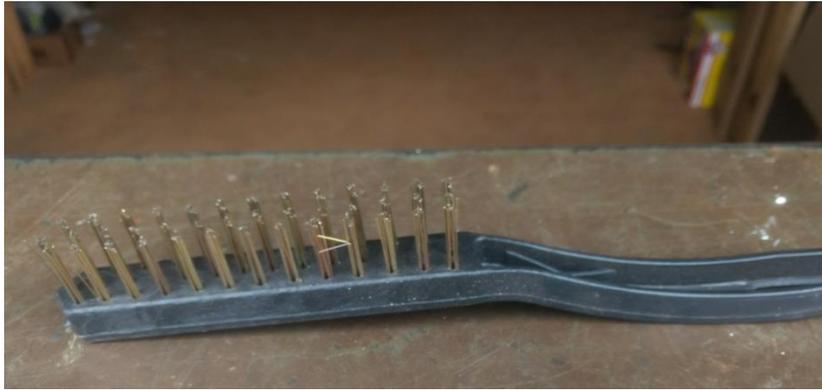
Figura 21: Aspecto da parede após a desforma e sem tratamento superficial



Fonte: Arquivo pessoal

A equipe da obra retira os resíduos de concreto e realiza o fechamento desses vãos na parte interna utilizando argamassa ACII. Para aumentar a rugosidade superficial e retirar o desmoldante impregnado na parede, a equipe utiliza escova de aço e água com alta pressão para lavar o substrato. Esse tratamento da base acontece geralmente 7 dias antes da execução do revestimento cerâmico.

Figura 22: Escova de aço utilizada pela obra para lavar o substrato



Fonte: Arquivo pessoal

É possível analisar que a porosidade da parede aumenta ao realizar o serviço de tratamento da base. Sendo assim, o revestimento cerâmico já está liberado para ser aplicado, pois como já explicado anteriormente, a quantidade de poros presentes na superfície do substrato influencia significativamente na aderência mecânica do revestimento.

Figura 23: Aspecto do substrato após o tratamento da base



Fonte: Arquivo pessoal

5.4 Aplicação do revestimento cerâmico

A placa cerâmica utilizada no revestimento de banheiros e cozinhas da obra possui dimensões de 25x35 cm. São aplicadas com argamassa colante tipo II e utilização de desempenadeira com dente de 8x8x8. A argamassa é aplicada com dupla colagem, isto é, tanto na parede, como na placa cerâmica, conforme explicado no item 4.3 desta pesquisa.

Figura 24: Aplicação do revestimento cerâmico



Fonte: Arquivo pessoal

5.5 Resultados do ensaio de arrancamento

Uma empresa terceirizada especializada em execução de diversos tipos de testes fez o teste de arrancamento para verificação de aderência do revestimento. O ensaio foi realizado conforme a norma 13754 - Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante. O procedimento de execução de tratamento da base e do assentamento de placas cerâmicas foi realizado conforme explicado anteriormente nos itens 5.3 e 5.4 desta pesquisa. Os resultados obtidos das seis amostras retiradas do revestimento cerâmico estão relacionados no quadro a seguir.

Tabela 5: Resultados do ensaio de resistência de aderência

CP Nº	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA (MPa)	LOCAL DO ENSAIO	LOCAL DE RUPTURA
1	0,40	COZINHA	90% INTERFACE ARGAMASSA COLANTE COM PAREDE DE CONCRETO 10% NA ARGAMASSA
2	0,39	COZINHA	90% INTERFACE ARGAMASSA COLANTE COM PAREDE DE CONCRETO 10% NA ARGAMASSA
3	0,65	COZINHA	80% INTERFACE DA CERAMICA COM ARGAMASSA COLANTE 20% NA ARGAMASSA
4	0,43	BANHEIRO	100% INTERFACE DA CERAMICA COM ARGAMASSA COLANTE
5	0,41	BANHEIRO	100% INTERFACE ARGAMASSA COLANTE COM PAREDE DE CONCRETO
6	0,48	BANHEIRO	100% INTERFACE ARGAMASSA COLANTE COM PAREDE DE CONCRETO

Fonte: Laboratório que realizou o teste

Figura 25: Aspecto dos corpos de prova ensaiados



Fonte: Laboratório que realizou o teste

Conforme exposto na tabela 5, pode-se analisar que todas as seis amostras apresentaram resultados acima do valor de aderência estabelecido por norma, que é de 0,30 MPa. É possível analisar também que o local da ruptura foi predominante na interface da argamassa colante e parede de concreto. Conclui-se que o procedimento como a obra executa o preparo da base e o assentamento das placas cerâmicas é viável para alcançar revestimentos com desempenho satisfatório e duráveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de estudos realizados durante essa pesquisa, pode-se verificar que o desempenho de um revestimento não está associado à somente um fator principal, mas sim da interação de diversos aspectos que precisam ser analisados desde a concepção do serviço. Os fatores responsáveis pela durabilidade do revestimento cerâmico são as propriedades da argamassa colante em seu estado fresco e endurecido, o aspecto do substrato quanto a sua porosidade, resistência e rugosidade, o tipo de tratamento superficial aplicado na base, além das boas práticas executadas durante o serviço de assentamento cerâmico. A interação de todos esses fatores supracitados torna possível a ocorrência do mecanismo de aderência entre a argamassa colante e a parede de concreto.

Pode-se analisar através do estudo de caso, que o tratamento da base realizado mecanicamente com escova de aço e lavagem com água em alta pressão, é possível criar uma superfície com rugosidade suficiente para aderir o revestimento na parede de concreto. Além disso, é necessário fazer o assentamento das placas cerâmicas com dupla colagem e aplicá-las com argamassa colante industrializada tipo II. Com essa união de procedimentos, observou-se que podem ser atingidas resistências de aderência com valores em média de 0,46 MPa, resultado acima do valor mínimo recomendado por norma.

Com essas informações obtidas é possível considerar que os efeitos da manifestação patológica de deslocamento cerâmico ocorridas em obras de parede de concreto, podem ser minimizados através dos cuidados com a execução do serviço, escolha do tipo de tratamento de base e tipo de argamassa. Dessa forma é possível executar revestimentos com desempenho satisfatório em obras de parede de concreto, além de cumprir requisitos como custo, prazo e satisfação dos clientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE, Vinícius. **Desmoldante: um para cada tipo de forma**. Téchne, São Paulo, v. 70, p. 48-49, 2003.

ANAUATE, Milton. **Programa Minha Casa Minha Vida e Parede de Concreto**. 2012. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/programa_minha-casa-minha-vida-e-parede-de-concreto>. Acesso em: 09/10/2017.

ASSALI, Mirella Pennacchi; LOH, Kai. Viabilidade do emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para aplicação de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 7-23.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2007/2008**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/9/anexo/colpc0708.pdf> >. Acesso em: 13 de Outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2011/2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/276837176/Coletanea-PC2013> >. Acesso em: 13 de Outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12646**: Parede de concreto celular espumoso moldadas no local. Rio de Janeiro, 1992.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

BARBOZA, Nathalia. **Construtoras de todo o Brasil se mobilizam para encontrar saídas para o descolamento cerâmico**. Revista TÉCHNE. n. 234. Setembro/2016.

BAUER, Elton. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: LEM-UnB/Sinduscon-DF, 2005.

BECKER, Felipe Allebrand; ANDRADE, Jairo José de Oliveira. Avaliação da influência do substrato de concreto na resistência de aderência à tração de diferentes tipos de chapisco. **Revista Matéria**, Rio Grande do Sul, v. 22, n. 4, 2017.

BÔAS, Fabio Villas. **Deslocamento cerâmico é problema setorial e requer mobilização de cadeia produtiva**. 2016. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/deslocamento-ceramico-e-problema-setorial-e-requer-mobilizacao-da-cadeia-produtiva/>>. Acesso em: 20/09/2017.

BRIEN, Joshua; MAHBOUB, Kamyar. Influence of polymer type on adhesion performance of a blended cement mortar. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 43, p. 7-13, 2013.

CABREDO, L. V; MADRAZO, J. A.P; STAMBUK, J. C; MERIÑO, J. F. Influencia de distintos tratamientos superficiales em paneles prefabricados de hormigón armado expuestos a diferentes condiciones ambientales. **XIV Jornadas Chilenas del Hormigón**, 2003.

CAMPANTE, Edmilson Freitas; BAÍA, Luciana Leone Maciel. Projeto e execução de revestimento cerâmico. **O nome da rosa**, 2003.

CANDIA, Mario Collantes; FRANCO, Luiz Sérgio. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. São Paulo, v. 198, 1998.

CARASEK, Helena. Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas. **II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas. Anais... CD ROM. Salvador: CEPED/EPUFBA/UCSAL/UEFS**, p. 131-146, 1997.

CARASEK, Helena. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos; avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. 285f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1996.

CARVALHO JR., Antonio Neves. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico**, 306f, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – UFMG, Minas Gerais, 2005.

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

CAVALCANTI, Diogo Jatobá de Holanda. **Contribuição ao Estudo de Propriedades do Concreto autoadensável visando sua aplicação em elementos estruturais**. 141f, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFAL, Maceió, 2006.

COSTA, Marianne do Rocio de Mello. **Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos**. 148f, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – USP, São Paulo, 2006.

COSTA, Marianne do Rocio de Mello . **Tecnologia de Argamassas**. 2016. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/24/TC034_Argamassas_Parte_I_propriedades.pdf> Acesso em: 08/11/2017.

FARIA, Renato. **Paredes maciças**. (Fev/2009) Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/143/paredes-macicas-286570-1.aspx>>. Acesso em: 13/10/2017.

FERNANDEZ, Marcos César de Carvalho. **Estudo comparativo da caracterização físico química e da cinética de reação de obtenção dos álcoois graxos etoxilados obtidos de fonte natural e de fonte sintética**. 130f, 2008. Dissertação (Mestrado em Processos industriais) - IPT, São Paulo, 2008.

FIORITO, Antonio J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2ª edição. Pini, 2009.

GASPERIN, Josiane. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco**. 194f, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2011.

GRILLO, Karin Verônica Freitas. **Análise comparativa da aderência de tipos rochosos assentados com três argamassas**. 187f, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) – USP, São Carlos, 2010.

GOLDBERG, Richard P.; AIA, Architect. **Direct adhered ceramic tile, tone and thin brick facades tecjiical design manual**. 1998.

KAZMIERCZAK, Claudio; BREZEZINSKI, Débora Elisiane; COLLATTO, Décio. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 3, n. 1, p. 47-58, 2007.

KUDO, Elisabete Kioko; CARDOSO, Fábio Alonso; PILEGGI, Rafael Giuliano. Avaliação de argamassas colantes por reometria rotacional. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 125-137.

MASUERO, Angela Borges. **Metodologia de avaliação do desempenho de sistemas destinados a pontes de aderência entre concreto fresco e endurecido**. 170f, 1993. Dissertação (Mestre em Engenharia) – UFRGS, Porto Alegre, 1993.

MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico: BT/PCC/246. São Paulo: EPUSP, 1999, 28p.

MANZINE, Valentim. **Casas com parede de concreto**. 2011. Disponível em: < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/casas-com-paredes-de-concreto-220698-1.aspx> >. Acesso em: 10/10/2017.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Paredes de concreto**. Revista TÉCHNE, São Paulo, v. 17, n. 147, p. 74-80, 2009.

MORAES, Cezar Augusto. **Sem usar tijolos, novo sistema construtivo acelera obras**. 2013. Disponível em : < <http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/sem-usar-tijolos-novo-sistema-construtivo-acelera-obras/29147> >. Acesso em: 10/10/2017.

NAKAMURA, Juliana. **Fôrmas metálicas para paredes de concreto**. (Set/2013) Disponível em: < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/63/formas-metalicas-para-paredes-de-concreto-saiba-como-funciona-294280-1.aspx> >. Acesso em: 13/10/2017.

PAES, Isaura Lobato; BAUER, Elton; CARASEK, Helena. Influência da estrutura de poros de argamassas mistas de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS**, p. 466-476, 2005.

PEREIRA, Eduardo; SILVA, Isac José; COSTA, Marianne do Rocio de Mello Maron. Avaliação dos mecanismos de aderência entre argamassa colante e substrato não poroso. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 139-149. Porto Alegre, 2013.

PÓVOAS, Yêda Vieira. Tempo em aberto da argamassa colante: método de medida e influência dos aditivos HEC e resina PVAc. **São Paulo**, v. 260, 1999.

PRETTO, Márcia Elisa Jacondino. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 180f, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2007.

SILVA, Fernando Benigno. **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. Revista Técnica – Fev/2011. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx> >. Acesso em: 13/10/2017.

SILVA, Fernando Benigno. **Sistema de formas plásticas para parede de concreto**. Revista Técnica – Dez/2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/sistema-de-formas-plasticas-para-paredes-de-concreto-287803-1.aspx>>. Acesso em: 29/08/2017.

RIBAS, Leonardo Calcagno. **Argamassa industrializada em sacos versus argamassa produzida no canteiro de obra: logística, custo e desempenho do material aplicado**. 162 f, 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – UFMG, Minas Gerais, 2008.

ROMERO, Juan Vázquez. **Adherencia al hormigón de morteros de diferentes bases químicas**. 367f, 2010. Tese de Doutorado. Universidad Politécnica de Madrid, 2010.

ROSSIGNOLO, João Adriano; AGNESINI, Marcos VC. Concreto estrutural leve. **ISAIA, GC Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: Ibracon, 2005.

SACHT, Helenice Maria. **Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. 286f, 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). USP, São Carlos, 2008.

SANTOS JR., Waldir Belisário. **O sistema paredes de concreto no desenvolvimento do Programa Minha Casa Minha Vida**. 2017. Disponível em: < <http://www.construirmais.com/revista/index.php/comunidade-da-construcao/302-o-sistema-paredes-de-concreto-no-desenvolvimento-do-programa-minha-casa-minha-vida> >. Acesso em : 29/08/2017.

SILVA, Cláudio Oliveira. **Análise crítica dos requisitos e critérios de qualidade da argamassa colante**. 222f, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). USP, São Paulo, 2003.

THURLER, Cláudio L.; FERREIRA, Vanda A. A evolução da resistência de aderência de algumas argamassas colantes nacionais. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, v. 1, p. 177-186, 1995.

VIEIRA, Jucélia Kuchla; SILVA, Maria Carolina Rodrigues; DONATONI, Juliana Barrionuevo; TORALLES-CARBONARI, Berenice Martins. **Argamassas colantes – Características, propriedades e cuidados na aplicação**. IV Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura, p. 260-271, 2003.

VITORINO, Stefane Jardim. **Argamassa colante: aderência e resistência**. Cimentare, 2016. Disponível em: < <https://www.cimentarebh.com.br/single-post/2016/12/21/Argamassa-colante-aderencia> >. Acesso em: 27 de Outubro de 2017.

VITORINO, Stefane Jardim. **Argamassas colantes – NBR 14081/2012**. Trabalho apresentado na disciplina de Materiais de Revestimento (Mestrado do Departamento de Materiais de Construção Civil). UFMG, Minas Gerais, 2013.