



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UnICEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS BARROS PEREIRA

MATRÍCULA: 2097805/0

**AVALIAÇÃO IN LOCO DA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO
CERÂMICO SOBRE IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA**

Brasília
2013

MATHEUS BARROS PEREIRA

**AVALIAÇÃO IN LOCO DA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO
CERÂMICO SOBRE IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA**

Trabalho de Curso (TC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB).

Orientadora: Prof.^a M.Sc Irene de Azevedo Lima Joffily

Brasília
2013

MATHEUS BARROS PEREIRA

AVALIAÇÃO IN LOCO DA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO CERÂMICO SOBRE IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA

Trabalho de Curso (TC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB).

Orientadora: Prof.^a M.Sc Irene de Azevedo Lima Joffily

Brasília, 04 de dezembro de 2013.

Banca Examinadora

Eng^a. Civil: Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.
Orientadora

Eng. Civil: Jorge Antônio da Cunha Oliveira, D.Sc.
Examinador Interno

Eng. Civil: Bruno Leite Moraes
Examinador Externo

**“Não existem ventos favoráveis,
para quem não sabe aonde vai.”**

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Irene Joffily por me auxiliar na execução e conclusão desse projeto.

Ao UniCEUB, por fornecer a aparelhagem necessária para execução da parte experimental desse trabalho.

A equipe técnica da Odebrecht Realizações Imobiliária por me fornecer a mão-de-obra e os materiais necessários para execução dos ensaios dentro do canteiro de obras do empreendimento Jardins Mangueiral.

À minha família, em especial, que contribuíram e me apoiaram o tempo inteiro para que eu conseguisse chegar até essa etapa da minha vida.

A minha namorada pela compreensão e ajuda constante para o bom andamento desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deslocamento ocasionado pela falha na limpeza do substrato.....	6
Figura 2 - Resultado de aplicação sobre argamassa com o tempo em aberto vencido.....	16
Figura 3- Seção genérica da estrutura de um piso.....	19
Figura 4 – Estrutura do piso do banheiro em estudo.....	20
Figura 5- Parede com revestimento cerâmico.....	21
Figura 6 - Mecanismos de adesão mecânica.....	25
Figura 7 - Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre superfícies porosas....	26
Figura 8 - Deslocamento de revestimento de argamassa aplicado sobre substrato de concreto.....	28
Figura 9 - (A) Colagem da pastilha; (B) Instalação do Aderímetro e (C) Verificação da região de ruptura.	31
Figura 10 - Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato.	32
Figura 11 - Localização das unidades ensaiadas (61, lado A e 05, lado B) na Quadra 08.	42
Figura 12 - Layout da tipologia 3D.	43
Figura 13 - Localização da unidade ensaiada (37-38, lados A e B) na Quadra 09.	44
Figura 14 - Layout da tipologia 2D.	45
Figura 15 - (A) Raspagem do piso para remoção de restos de concreto; (B) Limpeza com vassoura. .	46
Figura 16 - Limpeza do substrato com a lavadora de alta pressão.....	47
Figura 17- (A) Adição da Resina; (B) Adição do pó cinza; (C) Mistura energética.....	48
Figura 18 - Etapas de impermeabilização do rodapé.....	49
Figura 19 - Etapas de impermeabilização do piso do banheiro superior.....	50
Figura 20 - Configuração final do B.3.	51
Figura 21 - Preparação da cola para assentamento das pastilhas metálicas.....	54
Figura 22 - Revestimento cerâmico do piso com cortes realizados no contorno das pastilhas.	54
Figura 23–Equipamento de tração acoplado a pastilha metálica.....	55
Figura 24 - (1) Ruptura na impermeabilização; (2) Ruptura na argamassa colante.....	59
Figura 25 - (1) Ruptura na interface argamassa colante/impermeabilização; (2) Ruptura na interface impermeabilização/substrato.	60
Figura 26 – Falha na limpeza do tardo.....	61
Figura 27 – Ruptura na interface cola epóxi com a placa cerâmica.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grupos de absorção de água.....	9
Tabela 2 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.....	10
Tabela 3 - Classificação da resistência à abrasão – PEI.....	11
Tabela 4- Classificação da facilidade de remoção das manchas.....	12
Tabela 5 - Codificação dos níveis das resistências químicas.....	13
Tabela 6 - Tipo e descrição da argamassa colante industrializada.....	14
Tabela 7 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.....	15
Tabela 8 - Locais de aplicação de cada tipo da argamassa de rejuntamento.....	17
Tabela 9 - Principais propriedades e funções da argamassa de rejunte.....	18
Tabela 10 - Área das placas, desempenadeiras e procedimentos.....	23
Tabela 11 - Etapas de execução do ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante (ABNT NBR 13.754:1996).....	30
Tabela 12 - Classificação de acordo com a atuação da água.....	36
Tabela 13 - Comparativo entre manta e membrana.....	37
Tabela 14 - Características do sistema de impermeabilização cimentícios.....	38
Tabela 15 - Principais vantagens e desvantagens do sistema de impermeabilização cimentícios.....	38
Tabela 16- Propriedades dos cimentos cristalizantes e das argamassas poliméricas semi-flexível.....	40
Tabela 17 - Resumo das variáveis.....	45
Tabela 18 - Limpeza do substrato com esmerilhadeira.....	47
Tabela 19 - Idade dos revestimentos cerâmicos.....	55
Tabela 20 - Formas de ruptura.....	56
Tabela 21 - Resistência de aderência.....	57
Tabela 22 - Porcentagens da forma de ruptura.....	59
Tabela 23 - Resistência de aderência.....	61
Tabela 24 - Porcentagens da forma de ruptura.....	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média das resistências de aderência à tração e os valores de CV.....	58
Gráfico 2 - Média das resistências de aderência à tração e os valores de CV.....	62

RESUMO

Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos associadas à falha de aderência a substratos de concreto chamam a atenção cada vez mais no meio técnico, e ao mesmo tempo, causam danos às construções. Em se tratando de revestimento cerâmico aplicado em piso e paredes internas a camada intermediária entre o substrato de concreto e a argamassa colante é a impermeabilização cimentícia, mais utilizada no mercado devido seu custo/benefício e por sua indicação para áreas frias. Devido a estas manifestações patológicas que o presente trabalho tem como tema avaliação *in loco* da aderência do revestimento cerâmico sobre impermeabilização cimentícia. Foram realizadas duas formas de limpeza do substrato, cada uma em dois banheiros superiores do empreendimento imobiliário Jardins Mangueiral, localizado em São Sebastião-DF, para, posteriormente, aplicar a impermeabilização cimentícia. A primeira limpeza foi mecanizada com esmerilhadeira dotada com disco diamantado e a segunda com jato d'água de alta pressão. Na sequência foi realizado o ensaio de resistência de aderência em três situações, uma no piso, a segunda no rodapé (piso), e a terceira no rodapé (parede), onde as duas últimas a impermeabilização é estruturada com véu de poliéster, seguindo as orientações da NBR 13.754 (ABNT, 1996). Os resultados obtidos em relação ao substrato com limpeza mecanizada não apresentou resistência à aderência dentro dos padrões estabelecidos pela norma, todavia, analisando suas formas de ruptura é possível constatar que, a maioria, foi do tipo adesivo, apresentando vestígios de sujeira entre as camadas, ou seja, se houvesse um melhor tratamento entre as camadas, possivelmente, a aderência apresentaria valores melhores. Por outro lado, os resultados obtidos em relação ao substrato lavado com jato d'água de alta pressão apresentaram valores acima dos estabelecidos por norma, apesar de que, suas rupturas foram ocasionadas na interface cola epóxi com a placa cerâmica, entretanto, resguardado pela NBR 13.754 (ABNT, 1996) que valida o resultado se o valor for superior a 0,30 Mpa quando a ruptura for na interface cola epóxi com a placa cerâmica.

Palavras-chave: Revestimento cerâmico. Impermeabilização cimentícia. Resistência à aderência.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	Objetivo Geral	6
1.2	Objetivo Específico	7
1.3	Estrutura do Trabalho	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	REVESTIMENTO CERÂMICO	8
2.1.1	<i>Placas Cerâmicas</i>	8
2.1.2	<i>Argamassa Colante</i>	14
2.1.3	<i>Rejuntamento</i>	16
2.1.4	<i>Substrato de Assentamento e Disposições Construtivas</i>	18
2.2	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA	24
2.2.1	<i>Mecanismos e Fatores que Influenciam na Aderência</i>	24
2.2.2	<i>Determinação da Resistência de Aderência à Tração</i>	28
2.3	IMPERMEABILIZAÇÃO	33
2.3.1	<i>Sistemas de Impermeabilização</i>	33
2.3.2	<i>Sistema de Impermeabilização Cimentícios</i>	37
3	METODOLOGIA	41
3.1	Preparação do Substrato e das Camadas do Revestimento	46
3.1.1	<i>Preparação do Substrato</i>	46
3.1.2	<i>Execução da Impermeabilização</i>	48
3.1.3	<i>Execução do Revestimento Cerâmico</i>	50
3.2	Ensaio de Determinação da Resistência de Aderência à Tração	53
3.2.1	<i>Colagem das Pastilhas</i>	53
3.2.2	<i>Corte do revestimento</i>	54
3.2.3	<i>Ensaio de Resistência à Aderência</i>	55
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	57

4.1.1	<i>Análise de Resistência a Aderência do Substrato Lixado</i>	57
4.1.2	<i>Análise de Resistência a Aderência do Substrato Lavado</i>	61
5	CONCLUSÃO	64
5.1	<i>Sugestões para Trabalhos Futuros</i>	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O ato de impermeabilizar consiste na aplicação de produtos específicos com a finalidade de proteger diversas áreas de uma edificação contra as ações das águas provenientes da chuva, de banhos, lavagem, dentre outras origens, desta forma protegendo e isolando a edificação da passagem de líquidos.

A sua ausência prejudica a durabilidade da edificação, uma vez que, ocasiona prejuízos à saúde e financeiros. Pois a água que infiltra nas superfícies e/ou nas estruturas prejudica o concreto, sua armadura e as alvenarias. O ambiente fica desconfortável e insalubre ao usuário devido à umidade, fungos e mofo, e ao mesmo tempo, diminuindo a vida útil da edificação.

A argamassa polimérica é composta por agregados minerais, aglomerante (cimento), polímeros acrílicos e aditivos. Quando são misturados e devidamente aplicados os componentes, formam um revestimento com propriedades impermeabilizantes.

O baixo custo e a facilidade de aplicação tornam a argamassa polimérica um dos sistemas de impermeabilização mais empregados nas obras. Esse produto é indicado para evitar infiltrações e conter a umidade de áreas frias, como banheiros, lavabos, áreas de serviço e cozinhas. O sistema também é indicado para estruturas de concreto sujeitas a pouca ou nenhuma movimentação, caso de cortinas de contenção, reservatórios enterrados, piscinas enterradas, baldrame, rodapés, cisternas e subsolos.

O novo método construtivo de paredes de concreto armado moldadas no local com fôrmas de alumínio foi normatizado em 2012, de acordo com a NBR 16.055 (ABNT, 2012) havendo pouco tempo no mercado da construção civil e abrange práticas como o uso de desmoldantes, formas lisas e concretos com características menos permeáveis com elevadas resistências, principalmente nas primeiras idades para favorecer a desforma e, conseqüentemente, aumentando a produtividade, todavia essas práticas dificultam a aderência de revestimentos.

A aderência dos revestimentos é influenciada pela limpeza da base, pois o substrato deverá apresentar-se limpo, sem partes soltas ou desagregadas, nata de cimento, óleos e desmoldantes para aplicação do revestimento, caso contrário pode ocasionar o deslocamento, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1 - Deslocamento ocasionado pela falha na limpeza do substrato.



FONTE: Autor

Detectado o problema de aderência da impermeabilização sobre o substrato, decidiu-se realizar um estudo da aderência do revestimento cerâmico das áreas frias, portanto, aplicado sobre a impermeabilização. Para isso variou-se o tipo de preparação da superfície, de forma a verificar qual o melhor tratamento para atender as normas de revestimento cerâmico a NBR 13.754 (ABNT, 1996) e a NBR 13.753 (ABNT, 1996).

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é verificar, in loco, a aderência do revestimento cerâmico assentado diretamente sobre a impermeabilização das áreas frias, variando o tipo de preparo da base.

1.2 Objetivo Específico

O estudo tem como objetivos específicos:

- Analisar os resultados do ensaio de aderência utilizando dois métodos de preparo do substrato, limpeza mecanizada e com jato d'água de alta pressão;
- Verificar qual das preparações de base atendem os requisitos de norma;
- Determinar o melhor sistema de preparação de base para a obra em questão a partir do custo/benefício;
- Identificar a interface de ruptura predominante no ensaio de aderência;

1.3 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos:

- **Introdução:** É apresentada uma breve descrição da motivação para a realização do trabalho e algumas conceituações em caráter introdutório. Sendo composto com o objetivo geral e específico;
- **Revisão Bibliográfica:** São abordados os conceitos de sistemas de revestimento cerâmico, resistência de aderência e sistemas de impermeabilização cimentícios, sendo o fundamento teórico do trabalho e que colaboram para o embasamento da parte prática do mesmo;
- **Metodologia:** Contém as etapas dos procedimentos de execução dos ensaios, de forma a descrever a parte prática aplicada no trabalho;
- **Apresentação e Análise dos Resultados:** São apresentados os resultados obtidos nos ensaios e na sequência discussões, análises e interpretações dos mesmos, com o objetivo de evidenciar e entender as variáveis que influenciam cada etapa do processo;
- **Conclusões:** Traz as conclusões finais do trabalho e sugere alguns temas a serem abordados em trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda os seguintes temas: revestimento cerâmico, resistência de aderência e impermeabilização com ênfase no sistema de impermeabilização cimentício. Tais tópicos são necessários para melhor compreensão do trabalho e, ao mesmo tempo, apropriados para apresentarem a importância na metodologia de estudo do mesmo.

2.1 REVESTIMENTO CERÂMICO

O revestimento cerâmico é utilizado para revestir paredes e pisos das edificações, tendo como finalidade proteger a base, independente de qual for, estrutura ou alvenaria, de agentes agressivos e contribuir na estanqueidade, isolamento térmico e acústico das construções.

Este subitem é dedicado a apresentar os aspectos técnicos fundamentais para melhor entendimento do revestimento cerâmico. Inicialmente são exibidas as características da placa cerâmica. Na sequência, exposto as particularidades e tipos de argamassa colante e de rejuntamento, e por fim, disposições construtivas de assentamento, juntamente, com a especificação do substrato e suas camadas para piso e parede.

2.1.1 Placas Cerâmicas

As placas cerâmicas apresentam diferentes propriedades, dependendo de alguns fatores, tais como seu processo de fabricação, da sua finalidade, massa de influência a absorção de água, a expansão por umidade e a resistência mecânica ao peso e ao gelo. Yazigi (2009) define a placa cerâmica vidrada como:

“É um produto que possui uma camada de vidro impermeável, composta de materiais cerâmicos fundidos sobre toda a face exposta, e cujo corpo apresenta composição, cor, textura e características determinadas pelas matérias-primas e processos de fabricação utilizados.”

O esmalte, por sua vez, torna a placa resistente à abrasão (PEI), manchas e substâncias químicas. Ele também proporciona, quando em superfície lisa um bom coeficiente de atrito, ou seja, antiderrapante. Segue algumas propriedades referentes à cerâmica:

- **Absorção de Água**

A absorção de água da cerâmica está relacionada com a porosidade da massa, influenciando diretamente a resistência mecânica, resistência ao impacto, resistência à abrasão, resistência química e resistência ao gelo.

Devido aos revestimentos cerâmicos apresentarem variação de absorção de água originou a classificação dos quatro grupos cerâmicos, conforme Tabela 1 extraída de NBR 13.817 (ABNT, 1997).

Tabela 1 - Grupos de absorção de água.

GRUPOS	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)
Ia	$0 < \text{Abs} \leq 0,5$
Ib	$0,5 < \text{Abs} \leq 3,0$
IIa	$3,0 < \text{Abs} \leq 6,0$
IIb	$6,0 < \text{Abs} \leq 10,0$
III	Abs acima de 10,0

FONTE: ABNT NBR 13.817:1997.

A absorção de água também varia dependendo do método de fabricação do revestimento, conforme mostrado na Tabela 2, extraída da NBR 13.817 (ABNT, 1997). Quanto menor o grau de absorção, melhor será a qualidade da placa cerâmica, uma vez que, quanto menos líquido a placa absorver, torna-se mais difícil a ocorrência de possíveis patologias relacionadas à absorção.

Tabela 2 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.

Absorção de água (%)	Métodos de fabricação		
	Extrusado (A)	Prensado (B)	Outros (C)
Abs ≤ 0,5	AI	Bia	CI
0,5 < Abs ≤ 3,0		Bib	
3,0 < Abs ≤ 6,0	Alla	BIIa	CIIa
6,0 < Abs ≤ 10,0	Allb	BIIb	CIIb
Abs > 10	AIII	BIII	CIII

FONTE: ABNT NBR 13.817:1997.

- **Resistência a Abrasão**

A resistência à abrasão representa a resistência ao desgaste superficial ocasionado pelo movimento de pessoas e objetos. A abrasão é medida de acordo com a superfície da cerâmica, esmaltada ou não, conforme expressa Yazigi (2009):

“No caso de cerâmicas não esmaltadas, a abrasão é medida pelo volume de material removido da superfície da peça quando ela é submetida à ação de um disco rotativo de material abrasivo específico. Em produtos esmaltados a abrasão é medida por um método que prevê a utilização de um abrasímetro que provoca desgaste por meio de esferas de aço e material abrasivo.”

O índice PEI (Porcelain Enamel Institut) estabelece critérios para classificação das cerâmicas conforme a resistência do esmalte, segundo classificação da Tabela 3, e determina onde cada revestimento pode ser melhor aplicado.

Tabela 3 - Classificação da resistência à abrasão – PEI.

ABRASÃO	DESGASTE APÓS	RESISTÊNCIA	TIPO DE AMBIENTE
GRUPO 0	100 CICLOS	-	DESACONSELHABEL PARA PISOS
PEI 1	150 CICLOS	BAIXA	BANHEIROS, DORMITÓRIOS
PEI 2	600 CICLOS	MÉDIA	AMBIENTES SEM PORTAS PARA O EXTERIOR
PEI 3	1.500 CICLOS	MÉDIA ALTA	COZINHAS, CORREDORES E HALLS RESIDENCIAIS, SACADAS E QUINTAIS
PEI 4	12.000 CICLOS	ALTA	ÁREAS COMERCIAIS, HOTEIS, SHOW ROOMS, SALÕES DE VENDAS
PEI 5	>12.000 CICLOS	ALTISSIMA	ÁREAS PÚBLICAS OU DE GRANDE CIRCULAÇÃO: SHOPPING CENTERS, AEROPORTOS ETC.

FONTE: Yazigi (2009).

- **Expansão por Umidade / Resistência ao Gelo**

Uma das consequências da absorção de água é a expansão por umidade e a resistência ao gelo. A primeira pode ser ocasionada pela umidade ou pela dilatação térmica, ou seja, consiste no aumento das dimensões da placa cerâmica. Sua incidência ocorre naqueles lugares onde com altos índices de umidade, por exemplo, piscinas e banheiros (REBELO, 2010).

Por outro lado, a resistência ao gelo sucede em locais com baixa temperatura, acarretando o congelamento da água que penetra nos poros da placa cerâmica, resultando em aumento de volume da peça e consequentes manifestações patológicas (WEBER, 2012).

Se as placas escolhidas tiverem massa muito porosa, em relação a outras, e não suportarem essa pressão, todo o revestimento cerâmico pode ser danificado, para evitar tal patologia é importante utilizar placas cerâmicas com baixo índice de absorção de água.

- **Resistência ao Risco (Dureza Mohs)**

Essa característica da placa cerâmica ainda não foi normalizada no Brasil, todavia é de grande importância na especificação do produto. A resistência ao Risco indica a dureza de um esmalte cerâmico. Portanto, para que um revestimento não seja riscado por materiais presentes no ambiente externo, seu esmalte deve ter uma dureza superior a estes materiais. (REDE PISOS, 2013)

Portanto, a escolha da placa cerâmica depende da resistência ao risco, uma vez que, quando for aplicada, por exemplo, no piso de uma casa de praia, onde a areia predomina, a melhor escolha será de um azulejo que apresenta dureza Mohs superior a sete, dessa forma, as placas não ficarão riscadas pelo tráfego de pessoas e animais.

- **Resistência a Manchas ou Limpabilidade**

A resistência a manchas define o quanto uma superfície poderá manter e o quanto será sua facilidade de remoção de manchas quando submetidas à ação de diversos produtos danosos a placa cerâmica. A norma NBR 13.817 (ABNT, 1997) apresenta cinco classes e sua respectiva facilidade de remoção de manchas, conforme apresentado na Tabela 4. Ressaltando que, quanto à superfície de uma placa cerâmica for bem lisa, maior é a facilidade de limpeza da mesma, por outro lado, uma superfície mais áspera se torna mais difícil a sua limpeza.

Tabela 4- Classificação da facilidade de remoção das manchas.

CLASSES	FACILIDADE DE REMOÇÃO DE MANCHAS
1	MÁXIMA FACILIDADE DE REMOÇÃO DE MANCHAS
2	MANCHA REMOVIVEL COM PRODUTO DE LIMPEZA FRACO
3	MANCHA REMOVIVEL COM PRODUTO DE LIMPEZA FORTE
4	MANCHA REMOVIVEL COM ÁCIDO CLORIDRICO, HIDROXIDO DE POTÁSSIO E TRICLOROETILENO
5	IMPOSSIBILIDADE DE REMOÇÃO DA MANCHA

FONTE: ABNT NBR 13.817:1997.

- **Resistência a Ataque Químico**

A resistência a ataque químico das placas cerâmicas está voltado para o esmalte das mesmas, pois cada um, em particular, apresenta diversos níveis de tolerância a produtos químicos. A NBR 13.817 (ABNT, 1997) classifica os agentes químicos com seus respectivos níveis das resistências químicas, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Codificação dos níveis das resistências químicas.

Agentes Químicos		Níveis de resistência química		
		Alta (A)	Média (B)	Baixa (C)
Ácidos e álcalis	Alta concentração (H)	HA	HB	HC
	Baixa concentração (L)	LA	LB	LC
Produtos domésticos e de piscinas		A	B	C

FONTE: ABNT NBR 13.817:1997.

Gastaldini e Sichieri (2010) explicam a codificação para a resistência química através da NBR 13.817 (ABNT, 1997). A primeira letra do código é G (glazed) ou U (unglazed) no caso de placa esmaltada ou não. A segunda letra é H ou L, significando alta (high) ou baixa (low) concentração. A terceira letra pode ser A, B ou C, significando, respectivamente, resistência química alta, média ou baixa. Os autores dividem a resistência ao ataque químico em duas categorias, sendo a primeira de uso doméstico e a segunda de uso industrial.

Comparando os revestimentos de uma residência com os revestimentos utilizados em piscinas, é recomendado, no primeiro, o uso de placas cerâmicas que são limpas apenas com produtos domésticos. Por outro lado, para piscinas são recomendado placas capazes de suportar a ação do cloro.

2.1.2 Argamassa Colante

Segundo definição na NBR 14.081 (ABNT, 2012) “Produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento”. Junginger (2007), baseado na NBR 14.081 (ABNT, 2012), apresenta os tipos seguidos das suas definições e seu uso conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Tipo e descrição da argamassa colante industrializada.

TIPO	DESCRIÇÃO
AC I	Características de resistência para atender às solicitações mecânicas e termo-higrométricas típicas de revestimentos internos, exceto saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.
AC II	Características de resistência que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes externas decorrentes de ciclos de flutuação térmica e higrométrica, da ação de chuva e/ou vento, da ação de cargas como as decorrentes do movimento de pedestres em áreas públicas e de máquinas e equipamentos leves sobre rodízios não metálicos.
AC III	Resiste a altas tensões de cisalhamento nas interfaces substrato/adetivo e placa/adetivo, juntamente com uma aderência superior entre as interfaces quando comparada com AC I e AC II; especialmente indicada para uso em saunas, piscinas, estufas e ambientes similares.
TIPO E	Similar às anteriores, mas com tempo em aberto estendido em 10 minutos.

FONTE: Junginger (2007).

A designação normativa, também encontrada na NBR 14.081 (2012), é AC para argamassas colantes industrializadas, e para indicar o tipo utiliza os algarismos romanos I, II e III, acrescidos da letra E, quando aplicável.

Carasek (2007) conceitua a trabalhabilidade como uma propriedade complexa, interligadas a outras propriedades, tais como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial. Dependendo do tipo ou da função de cada argamassa, algumas destas propriedades citadas podem ser mais determinantes do que as outras, por exemplo, a retenção de água para uma argamassa colante de assentamento de peças cerâmicas. A Tabela 7 indica as propriedades e suas respectivas definições.

Tabela 7 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.

Propriedades	Definição
Consistência	É a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação de cargas.
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação.
Retenção de água e de consistência	É a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água.
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante.
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobe e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluida apresentam maior tendência à exsudação.
Densidade de massa	Relação entre a massa e o volume de material.
Adesão inicial	União inicial da argamassa no estado fresco ao substrato.

FONTE: Carasek (2007)

Ainda em relação à retenção de água, Silva (2004) descreve como sendo a propriedade da argamassa colante associada ao tempo em aberto, definido como o período decorrido desde a extensão da argamassa na parede até o momento em que ela perde a capacidade de ancoragem satisfatória da cerâmica. O autor ainda complementa o tempo em aberto sendo influenciado pelo ambiente de trabalho da argamassa, pois pode apresentar menor valor dependendo da insolação e/ou da ventilação. A Figura 2 mostra deslocamento ocasionado devido ao assentamento ter sido executado em argamassa com o tempo em aberto vencido.

Figura 2 - Resultado de aplicação sobre argamassa com o tempo em aberto vencido.



FONTE: Junginger (2007)

2.1.3 Rejuntamento

Conforme orientado pela NBR 13.753 (ABNT, 1996) o rejuntamento das placas cerâmicas deve ser iniciado no mínimo após três dias do seu assentamento, fazendo-se uso de pranchas largas de madeira para andar sobre o piso.

Rebelo (2010) conceitua o rejuntamento como o processo para o preenchimento das juntas entre duas placas cerâmicas consecutivas, e tem por função apoiar e impermeabilizar protegendo as arestas das peças cerâmicas. O autor ainda comenta que da mesma forma que a argamassa colante, o tipo de argamassa para rejuntamento a ser usado depende do ambiente em que será aplicado.

Junginger (2007) cita as formas na qual encontra os rejuntas industrializados:

- *Cimentícios Monocomponentes*: Apresentam-se como uma parte em pó que necessita apenas de adição de água para aplicação. Devido este tipo de rejunte ser o mais comum, e o termo monocomponente não acompanha sua especificação;

- *Cimentícios Bicomponentes*: Apresentam-se em dois componentes distintos, o primeiro com fração granular seca e a segunda em forma de emulsão aquosa (aditivo líquido), sendo necessário misturar os dois componentes na hora da aplicação;
- *Base Orgânica*: São materiais compostos por dois ou mais componentes pré-dosados que, quando misturados, formam uma pasta homogênea. Exemplo: Selantes elastoméricos, as resinas epóxi e as resinas furânicas.

A NBR 14.992 (ABNT, 2003) classifica o rejuntamento em dois tipos, I e II, ambos compostos por argamassa à base de cimento Portland e utilizados para rejuntamento de placas cerâmicas de uso em ambientes interno e externo. São diferenciados apenas pelo local de aplicação, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Locais de aplicação de cada tipo da argamassa de rejuntamento.

TIPO I	TIPO II
Locais de trânsito não intenso de pedestres/transeuntes.	Locais de trânsito intenso e não intenso de pedestres/transeuntes.
Placas cerâmicas com absorção de água acima de 3% (grupos II e III - segundo a NBR 13817).	Placas cerâmicas com absorção de água inferior e/ou superior a 3% (grupo I, II e III - segundo a NBR 13817).
Ambientes externos, piso ou parede, desde que não excedam 20 m ² e 18 m ² , respectivamente, limite a partir do qual são exigidas as juntas de movimentação, segundo NBR 13753 e NBR 13755.	Ambientes externos, piso ou parede, de qualquer dimensão, ou sempre que se exijam as juntas de movimentação ou não;
-	Ambientes internos ou externos com presença de água estancada (piscinas, espelhos d'água etc.).

FONTE: NBR 14.992 (ABNT, 2003).

Fiorito (2009) recomenda algumas preliminares antes da aplicação da argamassa de rejunte:

“As juntas de assentamento devem ser escovadas e umedecidas com broxa molhada em água. Isto garantirá a aderência do rejunte à lateral das peças, vedando efetivamente a junta. Há placas cerâmicas com elevada absorção e, caso a junta não seja umedecida abundantemente, há migração de água da pasta de rejuntamento para o corpo da placa cerâmica. Nesse caso, o rejunte apresentar-se-á friável e pulverulento por falta de água necessária à hidratação do cimento.”

Carasek (2007) elaborou um resumo das principais propriedades da argamassa de rejuntamento relacionada às suas funções, conforme mostrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Principais propriedades e funções da argamassa de rejunte.

FUNÇÕES	PRINCIPAIS PROPRIEDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Vedar as juntas; • Permitir a substituição das peças cerâmicas; • Ajustar os defeitos de alinhamento; • Absorver pequenas deformações do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial); • Baixa retração; • Aderência; • Capacidade de absorver deformações (flexibilidade) – principalmente para fachadas.

FONTE: CARASEK (2007).

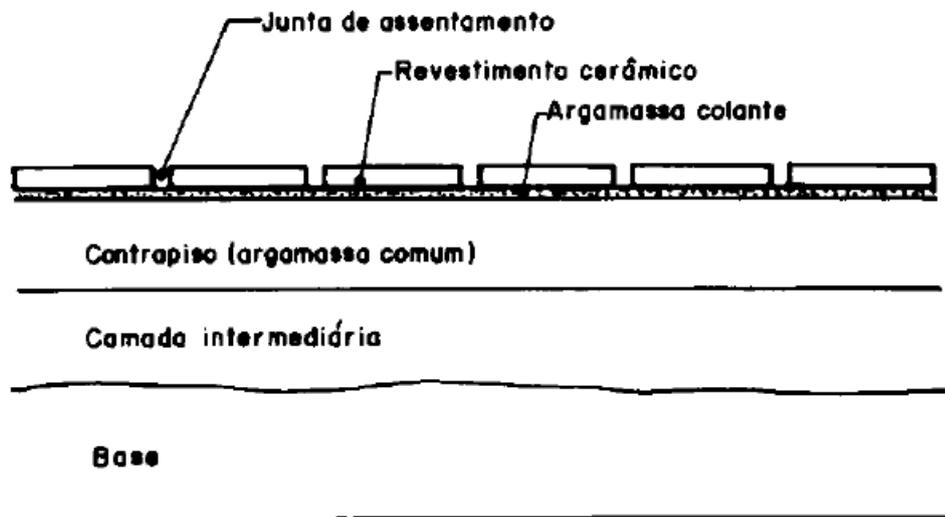
2.1.4 Substrato de Assentamento e Disposições Construtivas

A NBR 13.753 (ABNT, 1996) define piso com revestimento cerâmico sendo “piso cuja camada superior é constituída por placas cerâmicas.” A norma ainda determina a base como sendo:

“Substrato constituído por camada de concreto simples ou armado, laje maciça de concreto armado ou laje mista, sobre a qual são aplicadas camadas necessárias ao assentamento de revestimento cerâmico com argamassa colante.”

A Figura 3 apresenta as camadas constituintes do sistema de revestimento cerâmico no piso. A camada intermediária é caracterizada pela NBR 13.753 (ABNT, 1996) por ser uma camada eventualmente aplicada entre a base e o contrapiso, tendo como finalidade de regularização da base, correção da cota e/ou do caimento do piso, impermeabilização, dentre outras. A execução da camada intermediária para regularização da base só convém se o contrapiso não sanar todas as irregularidades do substrato dentro da espessura máxima de 25 mm, estabelecido pela norma, e alcançar a cota necessária fixada em projeto.

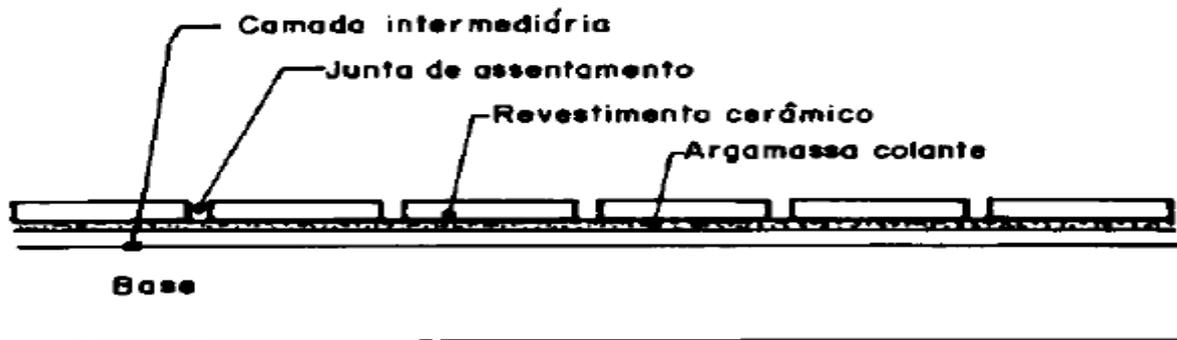
Figura 3- Seção genérica da estrutura de um piso.



FONTE: NBR 13.753 (ABNT, 1996).

O objetivo deste trabalho é avaliar, in loco, a aderência do revestimento cerâmico assentado diretamente sobre a impermeabilização em banheiros. Na obra em questão não foi utilizado contrapiso, uma vez que, durante a execução da laje é dado o acabamento sarrafeado com caimento em direção aos ralos, exceto no box do banheiro, que recebe rebaixo e posteriormente a camada de regularização. Dessa maneira a banheiro atende os requisitos exigidos pela norma e fica com a seguinte configuração, conforme Figura 4.

Figura 4 – Estrutura do piso do banheiro em estudo.



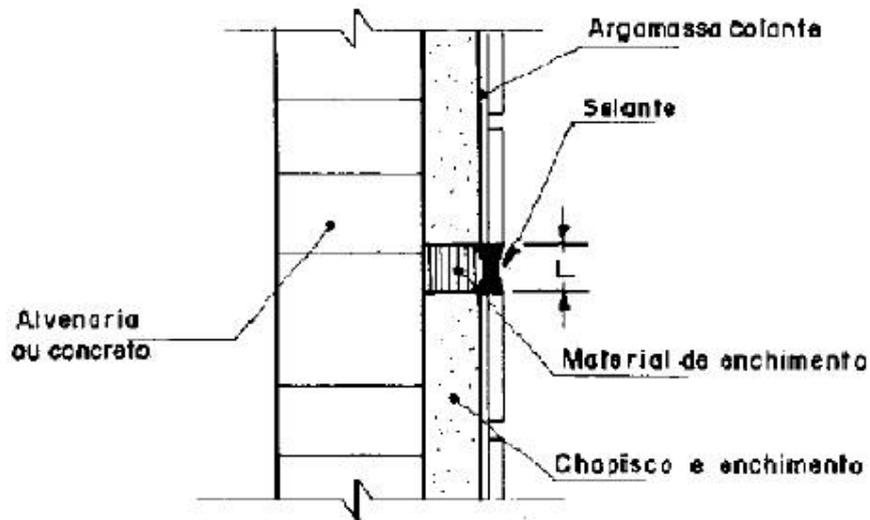
FONTE: Adaptado da NBR 13.753 (ABNT, 1996).

Por outro lado a NBR 13.754 (ABNT, 1996) aplica-se como norma regulamentadora para receber revestimento nas paredes internas com placas cerâmicas utilizando argamassa colante. A norma discrimina quais os substratos apropriados para o assentamento:

- Concreto moldado in loco, revestido ou não com chapisco e emboço;
- Concreto pré-moldado, revestido ou não com chapisco e emboço;
- Alvenaria de tijolos maciços, revestida com chapisco e emboço;
- Alvenaria de blocos vazados de concreto, revestida ou não com chapisco e emboço;
- Alvenaria de blocos de concreto celular, revestida ou não com chapisco e emboço;
- Alvenaria de blocos sílico-calcários, revestida ou não com chapisco e emboço.

A Figura 5 apresenta a configuração da parede com suas respectivas camadas. Neste trabalho a parede é de concreto, isentando, a camada de chapisco e enchimento, sendo utilizando apenas quando houver desvio de planeza acima de 3mm, conforme recomendado pela NBR 13.754 (ABNT, 1996).

Figura 5- Parede com revestimento cerâmico.



FONTE: NBR 13.754 (ABNT, 1996).

A norma ainda define que a superfície da parede que irá receber a argamassa colante deve apresentar-se:

- Limpa, isenta de materiais estranhos, a exemplo de pó, óleos, tintas, etc., que possam impedir a boa aderência da argamassa colante;
- Alinhada em todas as direções, de forma que tenha em toda a sua extensão um mesmo plano, já que a argamassa colante, em virtude de sua pequena espessura, não consegue corrigir grandes ondulações ou diferenças de base.

A referida norma para revestimento de paredes internas e a norma de revestimento de piso interno e externo determinam que antes da execução dos revestimentos algumas etapas têm que terem sido concluídas, tais como:

- *Para piso:* Revestimento de paredes; Revestimentos de tetos; Fixação de caixilhos; Execução da impermeabilização; instalação de tubulações embutidas nos pisos; Ensaio das tubulações existentes quanto à estanqueidade.

- *Para parede:* Canalizações de água e esgoto adequadamente embutidas e ensaiadas quanto à sua estanqueidade; Elementos, caixas de passagem e derivações de instalações elétricas e/ou telefone adequadamente embutidas; Caixilhos e batentes adequadamente fixados; Revestimento do teto, quando executado diretamente na laje de concreto.

A NBR 13.753 (ABNT, 1996) recomenda umedecer a superfície da base para aplicação da pasta de argamassa colante, todavia, em locais sujeitos a insolação e/ou ventilação, é aconselhável seu pré-umedecimento, porém sem saturá-la. O mesmo é recomendado pela NBR 13.754 (ABNT, 1996), contudo apenas em substratos mais porosos, por exemplo, emboço sarrafeado ou desempenado.

Ambas as normas também trazem consigo a definição da desempenadeira de aço denteada “ferramenta utilizada na aplicação de argamassa colante, tendo reentrâncias (dentes) em dois lados adjacentes, com cabo preso por rebites no sentido longitudinal e no centro da peça”. A escolha das desempenadeiras denteadas e seus procedimentos variam em função da área da superfície das placas cerâmicas, conforme indicado na Tabela 10.

Tabela 10 - Área das placas, desempenadeiras e procedimentos.

Área S da superfície das placas cerâmicas (cm ²)	Formato dos dentes da desempenadeira (mm)	Procedimento
S < 400	Quadrados 6 x 6 x 6	<ul style="list-style-type: none"> • Espalhar e pentear a argamassa colante com desempenadeira sobre a base; • Aplicar cada placa sobre os cordões ligeiramente fora de posição e em seguida pressioná-la, arrastando-a perpendicularmente aos cordões, até a sua posição final; • Na sequência aplicar vibrações manuais de grande frequência, procurando obter a maior acomodação possível da placa.
400 ≤ S < 900	Quadrados 8 x 8 x 8	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmo procedimento para placas com área menores que 400 cm², todavia, diferencia apenas a desempenadeira.
S ≥ 900	Quadrados 8 x 8 x 8	<ul style="list-style-type: none"> • Espalhar e pentear a argamassa colante com desempenadeira sobre a base e a tardoiz da placa; • Aplicar cada placa cerâmica ligeiramente fora de posição, de modo a cruzar os cordões do tardoiz e da base, na sequência pressioná-la, arrastando-a até sua posição final; • Atingida a posição final aplicar vibrações manuais de grande frequência, procurando obter a maior acomodação possível da placa.

FONTE: Autor.

2.2 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

A NBR 13.528 (ABNT, 2010) define a resistência de aderência como:

“Propriedade do revestimento de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato. A aderência não é uma propriedade da argamassa, sendo a interação entre as camadas constituintes do sistema de revestimento que se pretende avaliar.”

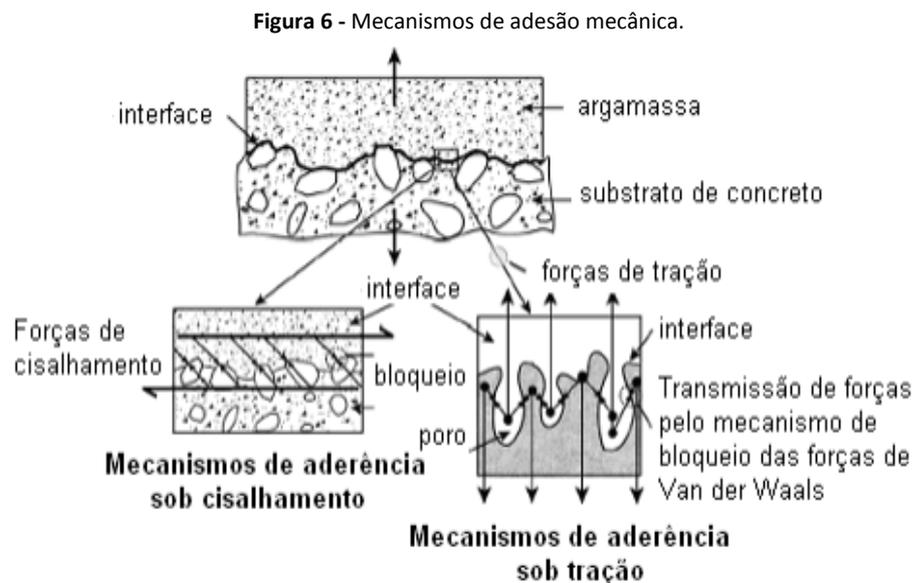
Paes e Gonçalves (2005) dividem o processo de aderência em três etapas:

- 1) Adesão Inicial: Durante esse processo a argamassa permanece aderida ao substrato, simultaneamente, após sua aplicação, todavia, não significa que ocorreu a completa adesão do sistema a longo prazo. Os mecanismos dominantes nesse caso serão a difusão e a adsorção de moléculas da argamassa impregnadas nos poros do substrato;
- 2) Adesão: Neste processo há ocorrência do enrijecimento da argamassa o que caracteriza a propriedade, conseqüentemente, acontece a diminuição da plasticidade e o aumento da consistência da mesma;
- 3) Aderência: A argamassa dar início a perda de água por evaporação para o ambiente e, ao mesmo tempo, por sucção para o substrato. Nesse momento, o mecanismo de intertravamento mecânico passa a ser determinante da propriedade.

2.2.1 *Mecanismos e Fatores que Influenciam na Aderência*

A avaliação da aderência dos revestimentos é feita através de ensaios destrutivos de resistência de aderência, por tração ou por cisalhamento, de corpos de prova cortados transversalmente nos revestimentos obtendo-se valores de resistência à tração ou ao cisalhamento, dependendo da direção de solicitação (PAES; GONÇALVES, 2005).

Bélair (2005 apud PRETTO, 2007) afirma que a adesão mecânica está fundamentada na penetração do material, na fase líquida, nos poros do substrato agindo como adesivo pela formação de ancoragem mecânica após a cura. Desta maneira as irregularidades do substrato melhoram a relação para resistir os esforços de tração e cisalhamento, conforme mostrado na Figura 6.



FONTE: Pretto (2007).

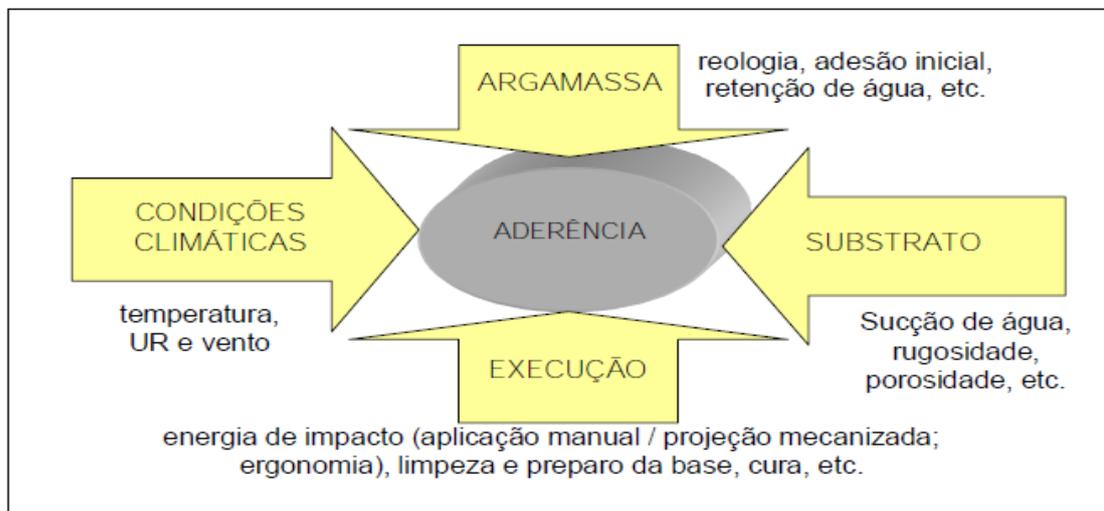
O conhecimento prévio do substrato que receberá o sistema de revestimento argamassado é necessário devido sua influência sobre a aderência. Nascimento (2005, apud RUDUIT, 2009) em função das características dos concretos de alta resistência produzidos atualmente observam-se inúmeros problemas de aderência. Desta forma, é imprescindível que sejam conhecidos os mecanismos de aderência entre o revestimento e substrato e, também, a influência deste substrato nestes mecanismos.

Carasek (1996) explica que a aderência é resultante da ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas do substrato e pela penetração do aglomerante nos poros da base, sendo influenciada pelas características da argamassa, da base e pela forma de aplicação. Ou seja, a aderência não é uma propriedade exclusivamente da argamassa, uma vez que,

depende das características do substrato e acontece essencialmente por fenômenos mecânicos.

Carasek (2007) comenta que quanto melhor for o contato entre a argamassa e o substrato maior será a aderência obtida. Dessa forma, afirmam que a aderência está diretamente ligada com a trabalhabilidade da argamassa, com a energia de impacto proporcionada no processo de execução, somando com as características e propriedades dos substratos e de alguns fatores externos, ambos relacionado na Figura 7 que reúne os principais fatores que exercem influencia na aderência.

Figura 7 - Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre superfícies porosas.



FONTE: Carasek (2007).

Paes e Gonçalves (2005) comentam que os aditivos adesivos podem ser compostos à base de resinas, PVA e polímeros, e que a sua introdução nos produtos é apresentado como uma opção para revestimento em bases, em geral, com condições de rugosidade, porosidade e absorção de água incompatível com o desenvolvimento do sistema de aderência mecânico. Ainda segundo os autores a adesão inicial acontece nos primeiros instantes pós-aplicação, sendo a propriedade que permite que a argamassa, ao ser lançada, permaneça momentaneamente aderida ao substrato, o que não garante a sua adesão em longo prazo. Nessa etapa, o mecanismo que predomina é a adsorção e a difusão de moléculas da argamassa nas paredes dos poros do substrato.

Segundo Ruduit (2009) a aderência pode ser prejudicada dependendo da porosidade do substrato, pois sua absorção sendo reduzida ou excessiva irá prejudicar a resistência de aderência dos sistemas de revestimentos que prejudicará a microancoragem que é proporcionada pela absorção da pasta de cimento da argamassa por parte do substrato. Silva (2004, apud RUDUIT,2009) relata que:

“Em substratos de alta absorção poderá haver insuficiência de água no processo de hidratação do cimento mais próximo à interface, o que o torna uma zona frágil do sistema. De forma contrária, um substrato com baixa absorção, promove um acúmulo de água na interface, que se torna uma zona de maior porosidade e por isto mais frágil.”

Ruduit (2009) ainda salienta a ação física de um material contaminante, sendo ele tanto sujeiras depositadas nas superfícies como também produtos utilizados em alguma outra etapa do processo de construção da edificação, por exemplo, os desmoldantes usados na execução de elementos estruturais de concreto.

Pretto (2007) enfatiza a presença de desmoldante nas superfícies de concreto “A aplicação do desmoldante puro pode formar uma camada muito espessa de óleo, propiciando uma rápida desforma, todavia, o excesso que penetra nos poros do concreto pode deixá-lo com características hidrófugas, o que reduz a aderência das argamassas.” Esta observação reforça o preparo do substrato para melhor microancoragem do revestimento. A Figura 4 ilustra o fenômeno citado em parede de concreto.

Figura 8 - Desplacimento de revestimento de argamassa aplicado sobre substrato de concreto.



FONTE: Carasek e Cascudo (2007).

Portanto a limpeza adequada do substrato é de extrema importância para a perfeita aderência dos revestimentos, uma vez que, os descolamentos estão associados a materiais contaminantes presente na superfície. A baixa porosidade e a rugosidade do substrato são outros fatores que influenciam diretamente na aderência.

Erros durante o processo executivo influenciam na aderência, por exemplo, o operário não exerce pressão suficiente ao lançar a argamassa ao substrato, ocorrendo desta maneira falha de contato na interface e até mesmo presença de vazios, que, conseqüentemente, reduzem a aderência (RUDUIT, 2009).

2.2.2 Determinação da Resistência de Aderência à Tração

A avaliação da aderência dos revestimentos é feita através de ensaios destrutivos de resistência de aderência, por tração ou por cisalhamento, de corpos de prova cortados transversalmente nos revestimentos obtendo-se valores de resistência à tração ou ao cisalhamento, dependendo da direção de solicitação (PAES; GONÇALVES, 2005).

A determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante é discriminado de acordo com a NBR 13.754 (ABNT, 1996) que estabelece o método de ensaio para determinar a resistência de aderência, *in loco*. O princípio é de determinar a tensão de aderência de um revestimento cerâmico pela aplicação de uma força de tração simples normal, aplicada em uma pastilha metálica colada com cola epóxi no corpo-de-prova. A validação do ensaio consiste se das seis determinações da resistência de aderência, após a cura de 28 dias da argamassa colante utilizada no assentamento, quatro valores apresentarem valores iguais ou maiores que 0,3 MPa.

A norma define o corpo-de-prova e o substrato e a aparelhagem necessária para execução do ensaio:

- **Corpo-de-prova:** Parte de um revestimento cerâmico constituído de uma placa cerâmica ou parte dela, tendo dimensão quadrada com 100 mm de lado;
- **Substrato:** Camada sobre a qual estão aplicadas a argamassa colante e a placa cerâmica. O substrato é construído por uma argamassa aplicada sobre uma base;
- **Equipamento de tração:** Equipamento mecânico ou hidráulico que permite a aplicação lenta e progressiva da carga, detendo articulação que assegure a aplicação do esforço de tração simples e tendo dispositivo para leitura da carga;
- **Pastilha metálica:** Placa não deformável com seção quadrada de 100 mm de lado e espessura de, no mínimo, da mesma seção da placa cerâmica a ser ensaiada. Possui dispositivo em seu centro para acoplamento do equipamento de tração;
- **Dispositivo de corte:** Equipamento elétrico dotado de disco de corte.

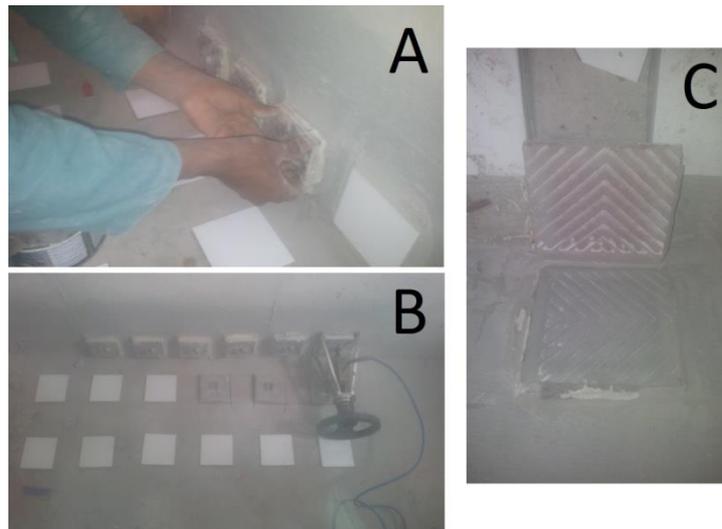
A NBR 13.528 (ABNT, 2010) recomenda que o corte deva ser feito até alcançar a superfície do substrato, estendendo, aproximadamente, a 5 mm no interior da base. A Tabela 11 apresenta o passo a passo para realização do ensaio conforme especificado pela NBR 13.754 (ABNT, 1996) e a Figura 9 ilustra as etapas, exceto o corte do revestimento, pois a colagem da pastilha foi no corpo-de-prova com as mesmas dimensões da mesma.

Tabela 11 - Etapas de execução do ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante (ABNT NBR 13.754:1996).

ETAPA	DESCRIÇÃO
Colagem das pastilhas	<ul style="list-style-type: none"> • Remover as sujeiras da superfície da placa cerâmica sobre a qual vai ser colada a pastilha metálica; • Aplicar a cola bem homogeneizada na superfície da pastilha; • Aplicar a pastilha sobre o revestimento cerâmico, apertando-a manualmente; • Remover completamente o excesso de cola, com o auxílio de uma faca ou espátula; • Evitar o deslizamento na colagem da pastilha metálica, por meio de fita crepe ou escora.
Corte do Revestimento	<ul style="list-style-type: none"> • O corte deve ser executado a seco; • Cortar o revestimento cerâmico após a secagem da cola usando o contorno da pastilha metálica como guia para o disco.
Aplicação do Esforço de Tração	<ul style="list-style-type: none"> • Acoplar o equipamento de tração à pastilha metálica e aplicar a carga de maneira lenta e progressiva, sem interrupções; • Aplicar o esforço de tração perpendicularmente ao corpo-de-prova até a ruptura; • Anotar as cargas de ruptura (N); • Examinar, medir e anotar o tipo de ruptura (%) ocasionado em cada corpo-de-prova.

FONTE: Autor.

Figura 9 - (A) Colagem da pastilha; (B) Instalação do equipamento de tração e (C) Verificação da região de ruptura.



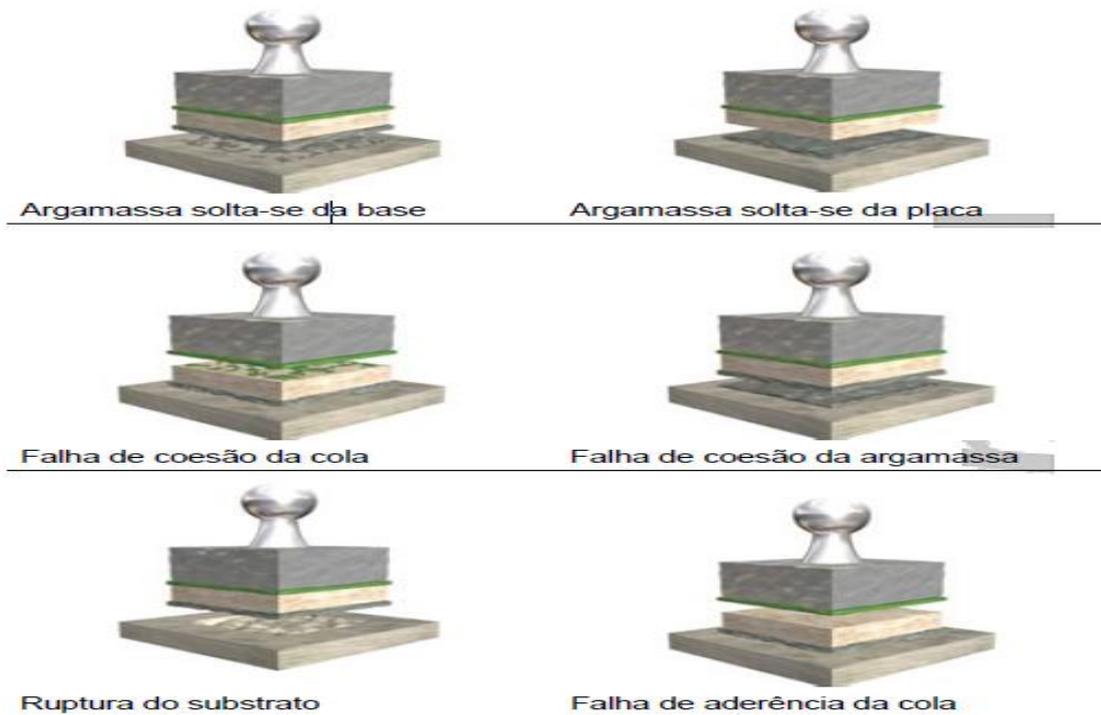
FONTE: Autor.

Um aspecto que deve ser observado quando da realização do teste de arrancamento, e que é tão importante quanto os valores de resistência de aderência obtidos e a análise do tipo de ruptura (CARASEK, 2007). De acordo com os tipos de ruptura apresentados na Figura 10 pode-se ressaltar que quando a ruptura ocorrendo no interior da argamassa ou da base é do tipo coesiva, onde os valores são menos preocupantes, ao menos que sejam muito baixos.

Por outro lado, quando a ruptura ocorre na interface argamassa/substrato é do tipo adesiva, ou seja, os valores devem aparecer mais elevados, devido existência de um maior potencial para a patologia.

Quando a ruptura ocasionada na interface cola/argamassa significa que a porção mais fraca é a camada superficial do revestimento de argamassa e quando os valores obtidos são baixos indica resistência superficial inadequada (pulverulência). E quando ocorre a ruptura na interface cola/pastilha, este ponto deverá ser desprezado, pois se trata de falha de colagem.

Figura 10 - Tipos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos, considerando o revestimento aplicado diretamente ao substrato.



FONTE: Junginger (2007).

A NBR 13.754 (ABNT, 1996) estabelece as seguintes informações que devem conter no documento de apresentação dos resultados:

- Identificação, sempre que possível e caso houver, da argamassa de emboço;
- Identificação da argamassa colante;
- Identificação dos locais da obra em que foram realizados os ensaios, bem como dos corpos-de-prova com a respectiva numeração;
- Seção dos corpos-de-prova;
- Tipo de corte e sua profundidade;
- Características do equipamento de tração;
- Data dos ensaios;

- Valores individuais da resistência de aderência dos seis corpos-de-prova, forma de ruptura ocorrida, bem como sua percentagem, e espessura do revestimento de cada corpo de prova.

2.3 IMPERMEABILIZAÇÃO

O estudo dos sistemas de impermeabilização justifica-se pelo fato de que a impermeabilização constitui-se em um componente do subsistema de vedação de grande importância para o desempenho, de uma edificação, já que esse componente está diretamente relacionado às exigências dos usuários referentes à estanqueidade, higiene e durabilidade, sendo responsável pela ocorrência de uma elevada porcentagem de problemas patológicos (SOUZA; MELHADO, 1997).

2.3.1 Sistemas de Impermeabilização

Os sistemas de impermeabilização podem ser classificados de diversas maneiras. As classificações permitem compreender melhor as diferenças entre os sistemas, possibilitando análise do sistema que mais se adapta a determinadas exigências de impermeabilização (BAUER; VASCONCELOS; GRANATO, 2010). Para os autores os sistemas de impermeabilização podem ser classificados de acordo com algumas características, tais como: flexibilidade, metodologia de aplicação, solicitações impostas pela água, exposição ao intemperismo e aderência ao substrato.

- Flexibilidade
 - Flexíveis: Sistema de impermeabilização flexível capaz de suportar deformações oriundas das movimentações das estruturas a serem impermeabilizadas, sem apresentar qualquer dano ou falha que comprometa o desempenho do sistema. Exemplo: Membranas de asfaltos poliméricos em solução, membranas acrílicas e emulsão asfáltica com carga;

- Rígidos: Sistema de impermeabilização que não apresenta característica flexível, ou seja, não resiste deformações impostas pelo substrato. Exemplo: Argamassa com aditivos hidrófugos e cimentos cristalizantes;
 - Semiflexíveis: Sistema de impermeabilização que apresenta baixo módulo de elasticidade com capacidade de absorção de fissuras com até 3mm. Exemplo: Pinturas de base epóxi flexibilizadas e membranas de argamassa polimérica semiflexível.
- Metodologia de Aplicação
 - Membranas: Sistema de impermeabilização moldados no local, aplicados a quente ou a frio, que envolve diversas camadas com presença ou não de materiais estruturantes. Exemplo: Membrana de poliuréia, emulsão asfáltica, emulsão acrílica, poliuretanos e resinas epóxi;
 - Mantas: Sistema de impermeabilização pré-fabricados ou industrializados que possui vantagens em relação ao controle industrial, menor interferência de erros durante a aplicação e mais fácil de ser fiscalizado. Exemplo: Mantas asfálticas, PEAD e PVC.
- Solicitações Impostas pela Água
 - Pressão Unilateral ou Bilateral: Sistema de impermeabilização capaz de suportar a ação da água, atuando sob pressão;
 - Água por Condensação: Sistema de impermeabilização capaz de suportar a ação da água que atinge a estrutura por condensação;
 - Água de Percolação: Sistema de impermeabilização capaz de suportar a ação de água por percolação;

- Água por Umidade do Solo: Sistema de impermeabilização capaz de suportar a ação da água por umidade ascendente oriundo do solo, ascensão capilar.
- Exposição ao Intemperismo
 - Resistentes ao Intemperismo: Sistema ou material do qual suas propriedades permite sua exposição direta ao intemperismo;
 - Autoprotégidos: Sistema ou material com acabamento final tendo como função de proteger a estrutura impermeabilizada;
 - Pós-protégidos: Sistema ou produto que permite a aplicação de um acabamento protetor compatível. Exemplo: Neoprene com pintura de acabamento;
 - Necessitam de Proteção: Sistemas ou produtos que necessitam de proteção mecânica, argamassa de cimento e areia, pois não toleram exposição direta ao intemperismo.
- Exposição ao Intemperismo
 - Aderidos ao Substrato: Sistemas de impermeabilização totalmente aderidos ao substrato. Exemplo: Membranas em geral, cimento polimérico, cristalização e mantas asfálticas aderidas com asfaltas a quente;
 - Parcialmente Aderidos: Sistemas de impermeabilização aderidos apenas em alguns pontos ou com baixo poder de aderência, mas ainda evitam a percolação da água por debaixo do sistema. Exemplo: Mantas asfálticas parcialmente aderidas com maçarico;
 - Não Aderidos: Sistemas de impermeabilização que não são aderidos no substrato, salvo nos pontos de ralos, tubulações, peças emergentes, nos rodapés e beirais. Sua desvantagem é que permite a

percolação da água por debaixo do sistema, por outro lado, a vantagem é que a impermeabilização pode ser pouca flexível, uma vez que, a movimentação da estrutura exerce pouca influência no filme impermeabilizante.

Bauer, Vasconcelos e Granato (2010) reforçam a classificação estabelecida por Cunha e Neumann (1979) em se tratando das solicitações impostas pela água, conforme mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 - Classificação de acordo com a atuação da água.

CLASSIFICAÇÃO	SISTEMA DE IMPERMABILIZAÇÃO
De acordo com a atuação da água	<ul style="list-style-type: none"> • Contra água de percolação; • Contra água com pressão; • Contra umidade por capilaridade.

FONTE: Cunha e Neumann (1979).

Plá (2009) refere-se da classificação quanto à metodologia de aplicação e comenta que dentro de alguns sistemas pré-fabricado ou moldado no local detém estruturas ou armações composta de tela, tecido, filme ou feltros, que são inseridos dentro dos materiais impermeáveis com o intuito de resistir aos esforços de tração que venham solicitar a manta ou a membrana, além de favorecer a integridade do material sem que ele escorra. O autor também faz comparativo entre manta e membrana, conforme mostrado na Tabela 13.

Tabela 13 - Comparativo entre manta e membrana.

MANTAS	MEMBRANAS
Espessura constante	Variação de espessura, podendo comprometer a eficiência da impermeabilização
Fácil controle e fiscalização de impermeabilização	Dificuldade de controle e fiscalização quer pelo consumo, numero de demãos, adulteração do produto, etc.
Aplicação do sistema em uma única vez	Aplicação em várias camadas sujeitas às intempéries e interferências
Existência de armadura em toda a superfície uniforme	Possibilidade de haver desalinhamento na armadura, acarretando desempenho variável
Menor tempo de aplicação	Sensível gasto de tempo e mão-de-obra, acarretando maior custo
Menor suscetibilidade de erros de aplicação	Maior ocorrência de erros de aplicação, devido às diversas variáveis e suas complexidades
Adequar-se melhor ao cronograma de obras, gerando menos transtorno, liberação rápida da área para utilização	Dificuldade na adaptação ao cronograma de obras, ficando a área por mais tempo interditada, podendo ocorrer danos por terceiros

FONTE: Plá (2009).

Ainda segundo Plá (2009) os sistemas de impermeabilização também podem ser classificados quanto ao material:

- À base de materiais asfálticos: Asfaltos e asfaltos modificados com polímeros sintéticos;
- À base de polímeros sintéticos: Elastômeros, termoplásticos, termofixos e mistura de termoplásticos e elastômeros.

2.3.2 Sistema de Impermeabilização Cimentícios

Stahlberg (2010) conceitua os sistemas de impermeabilização cimentícios como uma camada impermeável constituída por materiais à base de cimentos adicionados a resinas. O sistema possui formação de cristais que promove o tamponamento dos poros e formam uma película impermeável na superfície do substrato. Esta película que é o principal responsável pela estanqueidade do sistema. A seguir seguem algumas características do sistema, conforme Tabela 14.

Tabela 14 - Características do sistema de impermeabilização cimentícios.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO	SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM ARGAMASSAS IMPERMEÁVEIS
À ADERÊNCIA	Aderentes
À FLEXIBILIDADE	Rígidos ou flexíveis
AO MÉTODO EXECUTIVO	Moldado no local pela aplicação de camadas à frio
AO MATERIAL	Cimentícios

FONTE: Adaptado de Stahlberg (2010).

Stahlberg (2010) cita em seu trabalho algumas vantagens e desvantagens do sistema, conforme mostrado na Tabela 15.

Tabela 15 - Principais vantagens e desvantagens do sistema de impermeabilização cimentícios.

VANTAGENS	
Pequena espessura	A espessura final do sistema é pequena, devido a não necessidade de proteção mecânica e em alguns casos, não há necessidade de camada de regularização.
Não exige proteção mecânica	A maioria dos fabricantes cita a não necessidade desta camada, aplicando o revestimento final direto na impermeabilização.
Flexibilidade	Dependendo da quantidade de polímeros inseridos, a camada passa a ser mais flexível, podendo absorver certas deformações do suporte.
Facilidade de Aplicação	Não exige especificidades em sua aplicação.
DESVANTAGENS	
Camada Impermeável Rígida	Com pequenas quantidades de polímeros, esta camada pode ser considerada como rígida, não recomendada a suportes com grandes deformações.
Várias camadas ou demãos	Aplicar várias demãos exige tempo de cura entre elas, o que pode limitar sua utilização.
Necessidade de camada de regularização	Esses sistemas que os substratos estejam bem coesos e homogêneos, necessitando em alguns casos a execução da camada de regularização.

FONTE: Stahlberg (2010).

O processo de impermeabilização cimentício é composto à base de cimentos, com areias especiais e aditivos ou adesivos que formam uma camada de baixa espessura, alta resistência e características das mais variadas (SIQUEIRA,

2007). O autor ainda comenta que os adesivos mais usuais são o acrílico e o PVA, e os cimentos impermeabilizantes mais conhecidos são os cristalizantes e as argamassas poliméricas.

Bauer, Vasconcelos e Granato (2010) também conceituam os cimentos impermeabilizantes como sendo produtos em que o cimento participa como aglomerante, e quando misturado com emulsões acrílicas apresentam propriedades impermeabilizantes. De maneira geral o produto é bicomponente à base de dispersão acrílica com adição de cimento e aditivos minerais, fornecidos em dois componentes, sendo o primeiro componente a dispersão acrílica e o segundo componente o cimento e aditivos minerais.

Os cimentos impermeabilizantes podem ser subdivididos em três grupos de acordo com Bauer, Vasconcelos e Granato (2010), sendo:

- *Cimentos Cristalizantes*: Constituem um sistema à base de cimentos e aditivos químicos minerais, a aderência com o substrato ocorre através da penetração osmótica pela porosidade do mesmo;
- *Argamassas Poliméricas Semiflexíveis*: Produto composto por cimento, aditivos químicos e emulsões poliméricas. O princípio de funcionamento do produto é o mesmo dos cimentos cristalizantes, por pressão osmótica, todavia se diferem na qualidade da emulsão polimérica e dos aditivos presentes no componente cimento, que além de funcionar pela ação de cristalização, forma uma membrana com elevada impermeabilidade. A Tabela 16 apresenta as principais propriedades dos dois cimentos.

Tabela 16- Propriedades dos cimentos cristalizantes e das argamassas poliméricas semi-flexível.

CIMENTO IMPERMEABILIZANTE	PROPRIEDADES
Cimentos Cristalizantes	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora-se ao substrato; • Elevada vida útil devido ser composto de base mineral; • Sistema de impermeabilização rígido, não mantendo a impermeabilidade na presença de fissuras; • Não altera a potabilidade a água.
Argamassas Poliméricas	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente aderência ao substrato devido pelo componente de emulsão polimérica, além do poder aglomerante do cimento; • Possui pouca flexibilidade (semiflexível) e baixo módulo de deformação; • Permite a incorporação de armaduras de tela de nylon ou poliéster para reforços de áreas críticas; • Não altera a potabilidade a água.

FONTE: Autor.

- *Argamassas Poliméricas Flexível:* São argamassas com flexibilidade, sua principal diferença com as demais é não ter limitações de uso em estruturas sujeitas a movimentações e/ou leve fissurações. O maior teor polimérico presente na emulsão acrílica favorece a formação de uma membrana final seca e flexível quando depositada no produto, contudo, não é aconselhável sua utilização em locais com pressões negativas, pelo risco de embolhamento. Ao contrário dos outros cimentos, nesse sistema a membrana formada é bem mais importante, ao invés da deposição polimérica no substrato.

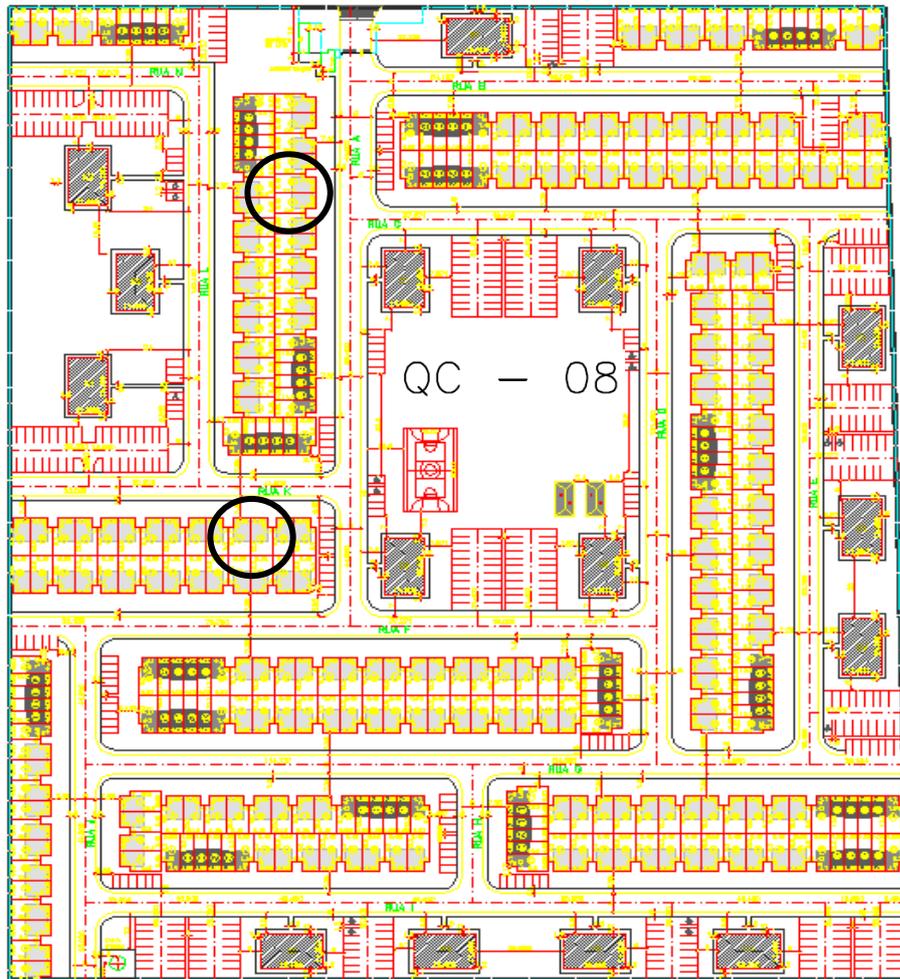
3 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos deste trabalho, que consiste em avaliar a aderência de revestimentos cerâmicos aplicados sobre a impermeabilização cimentícia, realizou-se a preparação do substrato, aplicação da impermeabilização cimentícia, assentamento cerâmico, e por fim, o ensaio de resistência de aderência a tração, conforme descrito na NBR 13.754 (ABNT, 1996).

Todas as etapas foram executadas, in loco, em quatro banheiros, do primeiro pavimento, de duas tipologias situadas no empreendimento imobiliário Jardins Mangueiral, localizado na avenida regional, lote 01-08, São Sebastião, Distrito Federal. O empreendimento é composto por quinze quadras condominiais, cada uma com, aproximadamente, quinhentas unidades habitacionais populares.

Dois banheiros suítes de duas tipologias com três dormitórios (3D), localizados na quadra oito do empreendimento, receberam a limpeza mecanizada com esmerilhadeira para receber o serviço de impermeabilização e posteriormente o revestimento cerâmico. A Figura 11 indica a localização das duas unidades ensaiadas e a Figura 12 apresenta o layout da tipologia 3D.

Figura 11 - Localização das unidades ensaiadas (61, lado A e 05, lado B) na Quadra 08.



FONTE: Modulo de engenharia (JM).

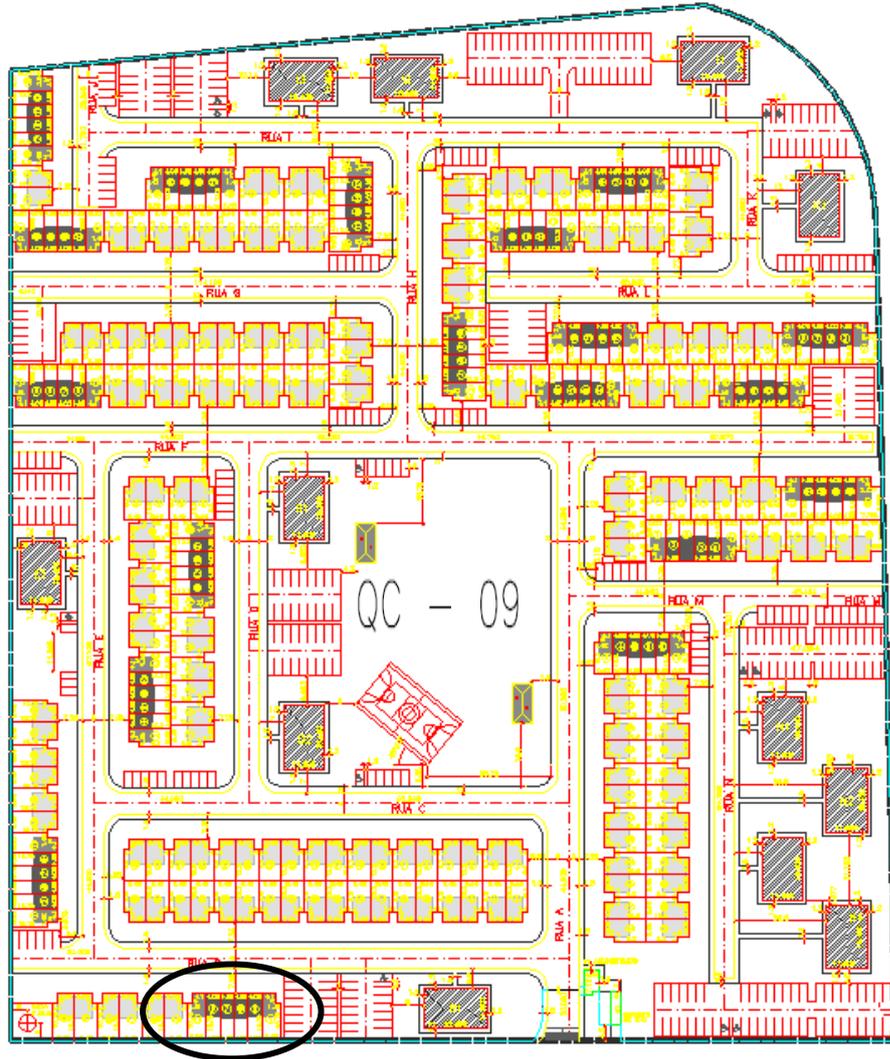
Figura 12 - Layout da tipologia 3D.



FONTE: Modulo de engenharia (JM).

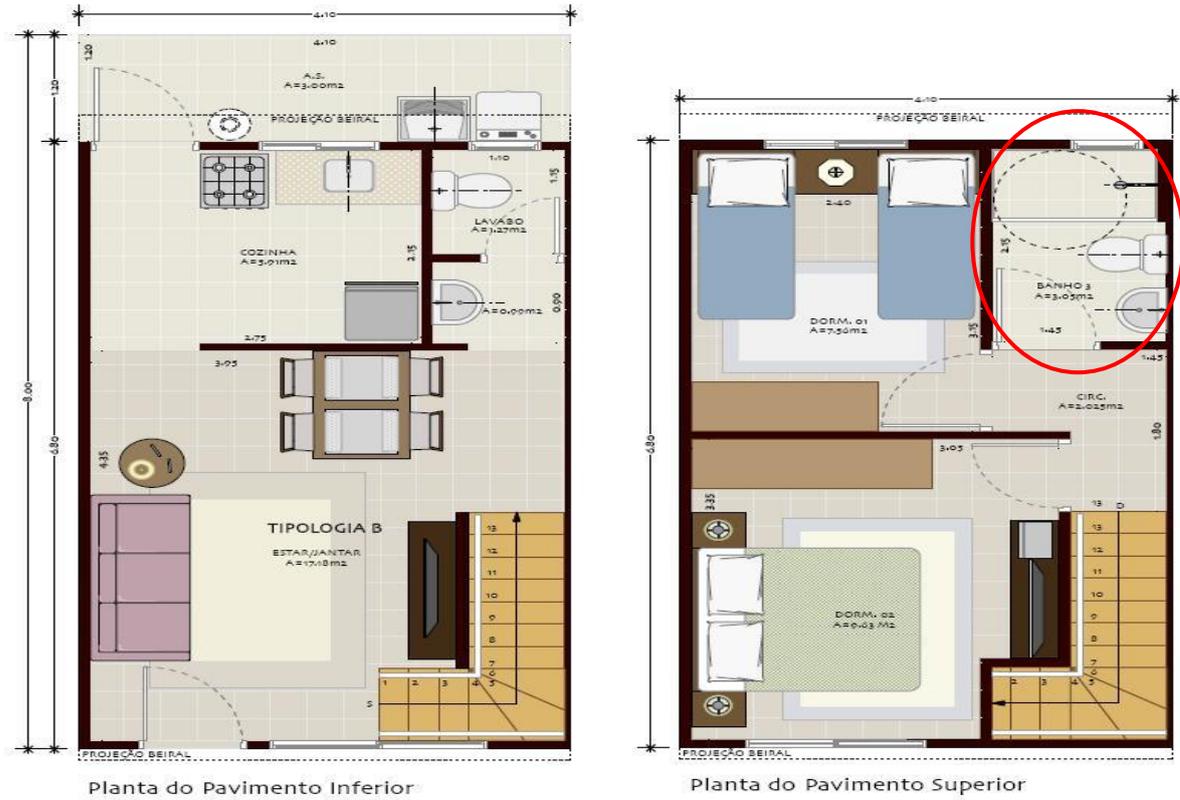
Outros dois banheiros superiores de uma tipologia com dois dormitórios (2D), localizados na quadra nove do empreendimento, receberam a limpeza com a lavadora de alta pressão para receber o serviço de impermeabilização e posteriormente o revestimento cerâmico. A Figura 13 indica a localização da unidade ensaiada e a Figura 14 apresenta o layout da tipologia 2D.

Figura 13 - Localização da unidade ensaiada (37-38, lados A e B) na Quadra 09.



FONTE: Modulo de engenharia (JM).

Figura 14 - Layout da tipologia 2D.



FONTE: Modulo de engenharia (JM).

Foram realizados ensaios de determinação de resistência de aderência em revestimentos cerâmicos assentados no rodapé da parede e do piso onde a impermeabilização é estruturada com tela de poliéster, e no piso, para verificar se a presença da tela altera o resultado. A Tabela 17 apresenta um resumo das variáveis do trabalho.

Tabela 17 - Resumo das variáveis.

LOCAL DO ENSAIO	LOCALIZAÇÃO NA OBRA		PREPARO DA SUPERFÍCIE	ENSAIOS	IDADES DOS ENSAIOS
	QUADRA	TIPOLOGIA			
B.1	08	3D – 61, lado A	Lixamento	Rodapé parede / Rodapé piso / piso	> 28
B.2	08	3D – 05, lado B	Lixamento		> 28
B.3	09	2D – 37/38, lado A	Lavagem com jato de alta pressão		> 14
B.4	09	2D- 37/38, lado B	Lavagem com jato de alta pressão		> 14

FONTE: Autor.

3.1 Preparação do Substrato e das Camadas do Revestimento

3.1.1 Preparação do Substrato

O substrato a ser preparado é a parede de concreto e a laje maciça do banheiro suíte da tipologia 3D e o banheiro superior da tipologia 2D. Os substratos preparados consistem na região onde receberá a impermeabilização, ou seja, em 20 cm do rodapé da parede de concreto armado e diretamente na laje dos banheiros do pavimento superior das tipologias. Ambas as superfícies limpas de acordo com a NBR 9574 (ABNT, 2008) isentando-as de poeiras, óleos ou graxas, restos de forma, natas de cimento, pontas de ferro, partículas soltas, dentre outras impurezas, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15 - (A) Raspagem do piso para remoção de restos de concreto; (B) Limpeza com vassoura.



FONTE: Autor.

Na sequência dois banheiros receberam uma das duas formas de limpeza: uma mecanizada com a lixamento da superfície com esmerilhadeira com disco diamantado; outro limpando a superfície com lavadora de alta pressão. Ambas as formas de limpeza com o intuito de remover a camada de exsudação do concreto, promover a abertura dos poros e remover eventuais sujeiras impregnadas no substrato que não saíram com a limpeza convencional. As Figuras 16 e 17 mostram a preparação das bases das duas formas citadas.

Figura 16 - Limpeza do substrato com a lavadora de alta pressão.



FONTE: Autor.

Tabela 18 - Limpeza do substrato com esmerilhadeira.



FONTE: Autor.

A necessidade de incrementar a limpeza mecanizada ou com jato d'água de alta pressão na preparação do substrato surgiu, devido, ao deslocamento do sistema de impermeabilização, em consequência da ineficiência da preparação convencional com vassoura.

3.1.2 Execução da Impermeabilização

Após a limpeza dos substratos, de acordo com a NBR 9574 (ABNT, 2008) inicia a preparação da argamassa polimérica utilizada como impermeabilização. O produto é bicomponente, sendo o componente A (resina) e o Componente B (pó cinza), e a mistura deve seguir as orientações do fabricante:

1º) Adicione aos poucos o componente B ao componente A, na proporção, em peso, de 1:1, misturando energicamente, a fim de dissolver possíveis grumos que possam se formar, até obter uma pasta lisa, uniforme e homogênea, Figura 17;

2º) Uma vez misturados os componentes A e B, o tempo de utilização desta mistura não deverá ultrapassar o período de 40 minutos, na temperatura de 25 °C. Passado este período, a utilização não é recomendada;

3º) Não adicione, em hipótese alguma, água na mistura do Viaplus 1000.

Figura 17- (A) Adição da Resina; (B) Adição do pó cinza; (C) Mistura energética.



FONTÉ: Autor.

Para aplicação da impermeabilização no rodapé, impermeabilização estruturada com véu de poliéster, e no piso superior foi seguido os seguintes passos:

- *Rodapé*

1º) Aplicou a primeira demão da argamassa polimérica em todo o perímetro do rodapé em 20cm na parede e 20 cm no piso;

2º) Colocou o véu de poliéster com largura de 20 cm, sendo 10cm na parede e 10cm no piso, na sequência, aplicou a segunda demão do produto;

Figura 18 - Etapas de impermeabilização do rodapé.



FONTE: Autor.

- *Piso*

1º) Após a realização da primeira demão de impermeabilização no rodapé, aplicou-se, também, a primeira demão de impermeabilizante em todo piso;

2º) Na sequência foi aplicado as outras duas demãos restantes, de forma a cobrir todo piso (Figura 19);

Figura 19 - Etapas de impermeabilização do piso do banheiro superior.



FONTE: Autor.

Os intervalos de 2 a 6 horas das demãos cruzadas de argamassa acrílica foram respeitados, conforme orientação do fabricante, e o véu de poliéster foi perfeitamente esticado a fim de evitar seu enrugamento.

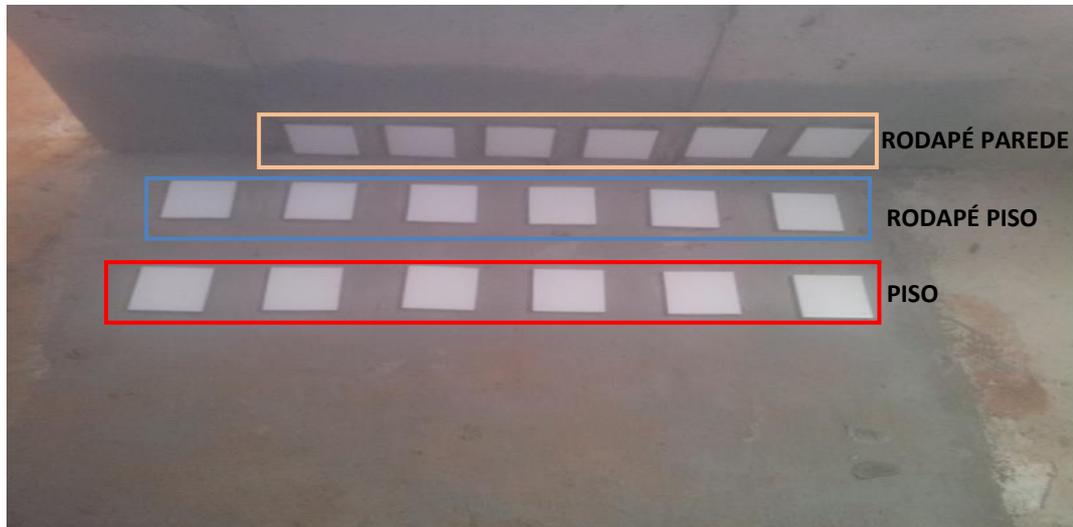
3.1.3 Execução do Revestimento Cerâmico

O revestimento cerâmico foi aplicado depois de quatro dias e com a camada de impermeabilização curada, conforme orientado pelo fabricante. A aplicação foi com argamassa colante tipo AC-II de uso interno e externo marca Quartzolit. O tipo de argamassa colante utilizada nos ambientes, externo e interno, do empreendimento Jardins Magueiral é do tipo AC II, uma vez que, a obra necessitava de maior aderência do revestimento cerâmico devido a problemas, anteriores, com deslocamento com utilização da argamassa colante AC I.

Os banheiros B.1 e B.2 já se encontravam revestidos, sendo escolhidos aleatoriamente para realização dos ensaios. Enquanto os banheiros 3 e 4 foram preparados exclusivamente para realização dos ensaios, portanto foram assentadas placas cerâmicas com as mesmas dimensões da pastilha (10x10 cm) e apenas nos lugares de interesse para realização do ensaio, conforme mostrado na Figura 20.

A verificação de resistência de aderência no rodapé (parede) e no rodapé (piso) é devido à impermeabilização ser estrutura com véu de poliéster e com finalidade de saber se o mesmo interfere na aderência do revestimento cerâmico.

Figura 20 - Configuração final do B.3.



FONTE: Autor.

Inicialmente, antes do assentamento cerâmico, a argamassa colante foi preparada seguindo as seguintes etapas:

- 1ª) A argamassa foi preparada em recipiente plástico e sua quantidade de água adicionada foi seguindo a recomendação que consta na embalagem do fabricante;
- 2ª) A mistura da argamassa foi mecânica e dentro do prazo recomendado pelo fabricante, obtendo no final uma mistura homogênea e sem formação de grumos;
- 3ª) Após a mistura, a argamassa permaneceu em repouso pelo período de tempo indicado na embalagem, para que ocorram as reações dos aditivos. E antes do início da aplicação a argamassa foi reamassada novamente;

A quantidade de argamassa preparada foi suficiente para um período de trabalho, levando-se em consideração a habilidade do assentador e as condições

climáticas. Após o término da preparação a argamassa não recebeu mais nenhuma adição de água na mistura e iniciou-se a execução do revestimento cerâmico, de acordo com as seguintes fases:

1ª) Apesar da superfície não ser em ambiente externo, a parede e o piso foram umedificados levemente antes da colocação do revestimento para evitar possíveis perda de água da argamassa para o substrato, todavia, tomando o extremo cuidado para evitar o excesso de água;

2ª) Espalhou a argamassa na parede e no piso com o lado liso da desempenadeira, para aderência, comprimindo-a contra a base num ângulo de 60°, formando uma camada uniforme. A seguir, utilizou o lado denteado da desempenadeira passando sobre a camada de argamassa, para formar cordões para favorecer o nivelamento e a fixação das placas. Como a área das placas é igual a 900 cm², a desempenadeira denteada utilizada foi a de 8x8x8 mm e tardoz da cerâmica também recebeu camada de argamassa (dupla colagem);

3ª) Durante a colocação das peças os cordões de cola foram totalmente esmagados, ocasionando a formação de uma camada uniforme, e garantindo o contato pleno da argamassa com todo o verso da peça. Esta fase foi cumprida devido, periodicamente, durante o assentamento, placas terem sido arrancadas, de forma aleatória, para verificando do verso, garantindo se ele estava totalmente preenchido com argamassa;

O tempo de uso e o tempo em aberto foram respeitados para as condições de assentamento não ficassem prejudicadas, podendo favorecer o descolamento precoce da peça cerâmica.

3.2 Ensaio de Determinação da Resistência de Aderência à Tração

O ensaio de determinação da resistência de aderência à tração para revestimento cerâmico assentado com argamassa colante é prescrito no anexo A da NBR 13.754 (ABNT, 1996), e para verificação de aderência são necessários seis determinações da resistência de aderência, após a cura de 28 dias da argamassa colante utilizada no assentamento, pelo menos quatro valores devem ser iguais ou superiores que 0,3 MPa.

Nos banheiros B.1 e B.2 onde o revestimento cerâmico foi assentado por completo, conforme projeto, a seleção de escolha dos corpos-de-prova foi escolhida após o teste a percussão e os que apresentaram inexistência de som cavo foram escolhidos para ensaiar. O distanciamento entre as pastilhas foi de no mínimo 100 mm.

3.2.1 Colagem das Pastilhas

Seguindo as recomendações da NBR 13.754 (ABNT, 1996) inicialmente foram removidas as partículas soltas e a sujeira das placas cerâmicas e das pastilhas metálicas quadradas de lado igual a 100 mm. Na sequência o vidro das placas cerâmica assentada nos banheiros B.3 e B.4 foram levemente lixados para facilitar a aderência da massa plástica com a pastilha metálica, em seguida, a massa adesiva plástica, MASSA POLIESTER PLUS 12, marca ROBERLO, foi misturada com seu catalisador, de acordo com recomendações do fabricante, até apresentar uma mistura homogênea. Logo em seguida a cola foi espalhada na pastilha, com espessura de camada não superior a 5 mm, que foi assentada sobre o revestimento cerâmico, previamente limpo, e apertada manualmente, e por fim, removendo o excesso com espátula.

Para que as pastilhas metálicas coladas na vertical não deslizassem foi utilizado escoras na parte inferior, objetivando, sua sustentação. O método de colagem, as escoras e a preparação da cola podem ser observados na Figura 21.

Figura 21 - Preparação da cola para assentamento das pastilhas metálicas.



FONTE: Autor.

3.2.2 Corte do revestimento

Os cortes dos revestimentos foram realizados apenas nos banheiros B.1 e B.2, onde a cerâmica foi assentada por completo nos banheiros, conforme projeto. Em cada banheiro foram realizados 18 cortes, a seco, utilizando o contorno da pastilha metálica como guia para o disco, chegando a estender até o substrato penetrando cerca 5 mm. A Figura 22 apresentará o revestimento após a execução dos cortes com a serra circular.

Figura 22 - Revestimento cerâmico do piso com cortes realizados no contorno das pastilhas.



FONTE: Autor.

3.2.3 Ensaio de Resistência à Aderência

O ensaio de resistência à aderência foi executado com idade dos revestimentos variando entre 17 e 28 dias, por conta do número limitado de pastilhas disponíveis e a quantidade elevada de determinações. A Tabela 19 mostra os locais e as respectivas idades do assentamento dos revestimentos, e a Figura 23 apresenta o equipamento de tração acoplado na pastilha metálica em um dos ensaios.

Tabela 19 - Idade dos revestimentos cerâmicos.

LOCAL	ENSAIO	IDADE (DIAS)
B.1	Rodapé (Parede) Rodapé (Piso) Piso	28
B.2	Rodapé (Parede) Rodapé (Piso) Piso	28
B.3	Rodapé (Parede) Rodapé (Piso) Piso	17 28 26 / 28
B.4	Rodapé (Parede) Rodapé (Piso) Piso	28 26 26 / 28

FONTE: Autor.

Figura 23—Equipamento de tração acoplado a pastilha metálica.



FONTE: Autor.

O procedimento realizado para todos os corpos-de-prova foram de acordo com as etapas a seguir:

- 1º. Após o processo de colagem da pastilha metálica no corpo de prova, o equipamento de tração foi posicionado para a realização do ensaio: com a haste encaixada na pastilha e orientação ortogonal a superfície da parede;
- 2º. Com o medidor do equipamento ligado e, posteriormente, zerado, iniciou-se a aplicação constante de carga sobre o corpo de prova até ocasionar a sua ruptura;
- 3º. Com o rompimento do corpo-de-prova foi numerado e o valor da força de ruptura, em kgf, anotado na planilha de resultados;
- 4º. Na sequência, as formas de ruptura foram identificadas e anotadas, com seus respectivos percentuais, na planilha de resultados;

Como o ensaio foi realizado sobre a impermeabilização e algumas rupturas aconteceram ou na camada de impermeabilização ou na sua interface com o substrato, uma nova configuração de formas de ruptura foi estabelecida de acordo com essas necessidades, ficando da forma mostrada na Tabela 20.

Tabela 20 - Formas de ruptura.

FORMA DE RUPTURA	
TIPO A	INTERFACE PASTILHA / COLA EPÓXI
TIPO B	INTERFACE COLA EPÓXI / CERÂMICA
TIPO C	INTERFACE CERÂMICA / ARGAMASSA COLANTE
TIPO D	NO INTERIOR DA ARGAMASSA COLANTE
TIPO E	INTERFACE ARGAMASSA COLANTE / IMPERMEABILIZAÇÃO
TIPO F	NO INTERIOR DA IMPERMEABILIZAÇÃO
TIPO G	INTERFACE IMPERMEABILIZAÇÃO / SUBSTRATO
TIPO H	NO INTERIOR DO SUBSTRATO

FONTE: Autor.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise sobre a resistência de aderência à tração é de extrema importância para atestar se os valores mínimos exigidos pela NBR 13.754 (ABNT, 1996) foram atendidos ou não nos ensaios. Valores altos de aderência atestam boa qualidade e durabilidade do revestimento, todavia não garantem um adequado desempenho do revestimento cerâmico. Por isso, é necessário não apenas avaliar o valor de resistência de aderência, mas também, os tipos de ruptura, suas médias, juntamente com os coeficientes de variação obtidos.

Neste capítulo a análise dos resultados e sua respectiva apresentação será separada de acordo com o preparo do substrato.

4.1.1 Análise de Resistência a Aderência do Substrato Lixado

Inicialmente, serão analisados os resultados de resistência de aderência do rodapé piso, do rodapé parede e do piso de dois banheiros ensaiados (B.1 e B.2) onde o substrato recebeu limpeza mecanizada com esmerilhadeira. A Tabela 21 apresenta os dados de resistência de aderência.

Tabela 21 - Resistência de aderência.

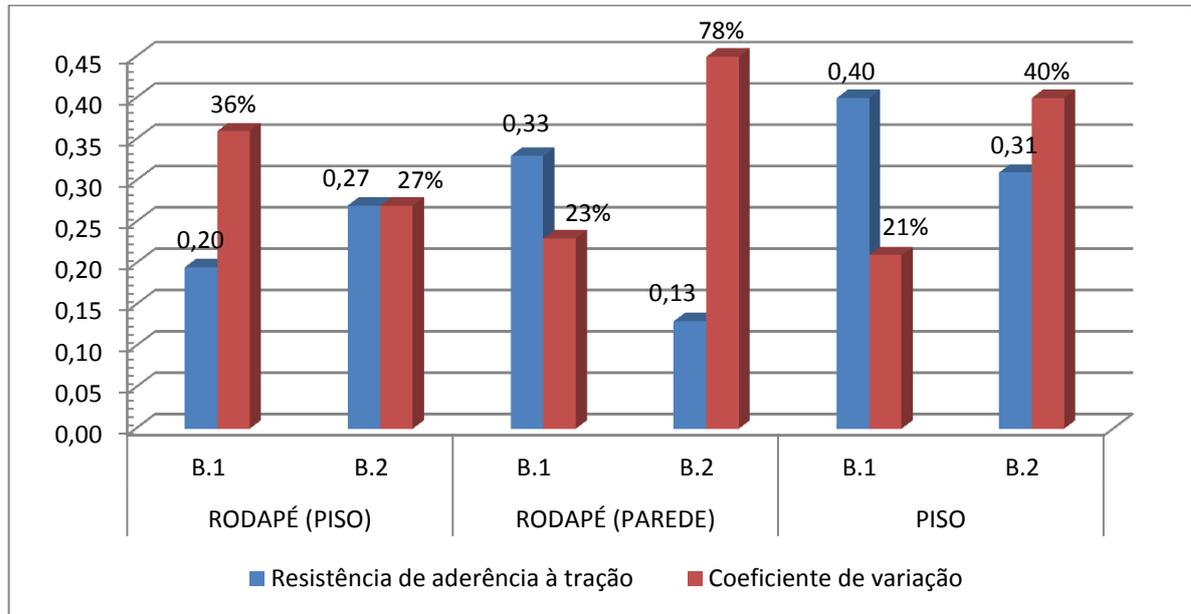
RODAPÉ (PISO)				RODAPÉ (PAREDE)				PISO			
B.1		B.2		B.1		B.2		B.1		B.2	
CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)
10	0,30	08	0,16	02	0,34	11	0,32	03	0,44	04	0,48
03	0,25	12	0,34	10	0,43	12	0,08	11	0,43	02	0,31
11	0,20	01	0,25	11	0,27	03	0,06	02	0,37	03	0,24
09	0,11	11	0,34	03	0,32	02	0,04	04	0,26	12	0,26
02	0,16	09	0,21	04	0,40	04	0,16	09	0,51	08	0,42
04	0,16	10	0,29	09	0,23	08	0,14	10	0,38	11	0,15

FONTE: Autor.

A norma NBR 13.754 (ABNT, 1996) determina que quatro dos seis corpos-de-prova devem apresentar valores de resistência à aderência iguais ou superiores a 0,30 MPa para revestimentos interno. Dos resultados apresentados apenas o rodapé parede e o piso do B.1 atenderam o requisito da norma, os demais

apresentaram baixa resistência à aderência. O Gráfico 1 mostra as médias dos resultados de aderência obtidos nas três situações, com seus respectivos coeficientes de variação.

Gráfico 1 - Média das resistências de aderência à tração e os valores de CV.



FONTE: Autor.

Fazendo comparativo entre os dois banheiros, nota-se que o B.1 apresentou melhor média, exceto no rodapé (piso), e baixos valores de CV, ou seja, não obteve muitos erros nas variáveis que influenciam na boa aderência. Por outro lado, o rodapé (parede) do B.2 apresentou valor alto de CV (78%) e baixa média, provavelmente, decorrido devido os intervalos das demãos serem prolongados, acima do recomendado, para aplicação da impermeabilização, seguido da falha da aplicação da argamassa colante, eventualmente, em virtude do tempo em aberto da mesma ter sido superior ao recomendado pelo fabricante. Afirmações estas, em razão da forma de ruptura predominante ter sido do tipo coesiva, no interior da impermeabilização e da argamassa colante (conforme mostrado na Figura 24).

Figura 24 - (1) Ruptura na impermeabilização; (2) Ruptura na argamassa colante.



FONTE: Autor.

A Tabela 22 mostra o resumo das formas de ruptura geradas no final de cada ensaio.

Tabela 22 - Porcentagens da forma de ruptura.

FORMA DE RUPTURA	Rodapé (Piso)		Rodapé (Parede)		Piso		TOTAL (%)
	B.1	B.2	B.1	B.2	B.1	B.2	
INTERFACE PASTILHA / COLA EPÓXI	-	-	-	-	-	-	0,00%
INTERFACE COLA EPÓXI / CERÂMICA	-	-	33%	33%	-	-	11,11%
INTERFACE CERÂMICA / ARGAMASSA COLANTE	-	2%	38%	-	27%	-	11,11%
NO INTERIOR DA ARGAMASSA COLANTE	22%	24%	28%	19%	31%	17%	23,47%
INTERFACE ARGAMASSA COLANTE / IMPERMEABILIZAÇÃO	78%	20%	-	7%	9%	8%	20,42%
NO INTERIOR DA IMPERMEABILIZAÇÃO	-	18%	-	35%	5%	33%	15,14%
INTERFACE IMPERMEABILIZAÇÃO / SUBSTRATO	-	25%	-	6%	28%	42%	16,81%
NO INTERIOR DO SUBSTRATO	-	12%	-	-	-	-	1,94%

FONTE: Autor.

Averiguando, de maneira geral, as informações referentes às rupturas adesivas, é notável que houve falha na limpeza antes da aplicação da argamassa colante e da impermeabilização (Figura 25), pois somando o total da ruptura na interface argamassa colante/impermeabilização com a interface impermeabilização/substrato, apresenta 37,2%, ou seja, parte considerável do revestimento não apresentou boa aderência em virtude de erros na limpeza entre os meios.

Figura 25 - (1) Ruptura na interface argamassa colante/impermeabilização; (2) Ruptura na interface impermeabilização/substrato.



FONTE: Autor.

Observa-se que no rodapé (parede) e piso do banheiro B1, que apresentaram resultados satisfatórios, o tipo de ruptura predominante foi na interface cerâmica/argamassa colante com média de 33%, entre os dois meios. Ou seja, houve falha, apenas, na limpeza da placa cerâmica, sendo que o engobe do tardo não foi retirado de forma eficaz, conforme mostrado na Figura 26.

Figura 26 – Falha na limpeza do tardo.



FONTE: Autor.

4.1.2 Análise de Resistência a Aderência do Substrato Lavado

A seguir serão analisados os resultados de resistência de aderência do rodapé piso, do rodapé parede e do piso dos outros dois banheiros ensaiados (B.3 e B.4) onde o substrato recebeu limpeza com jato d'água de alta pressão. A Tabela 23 apresenta os dados de resistência de aderência.

Tabela 23 - Resistência de aderência.

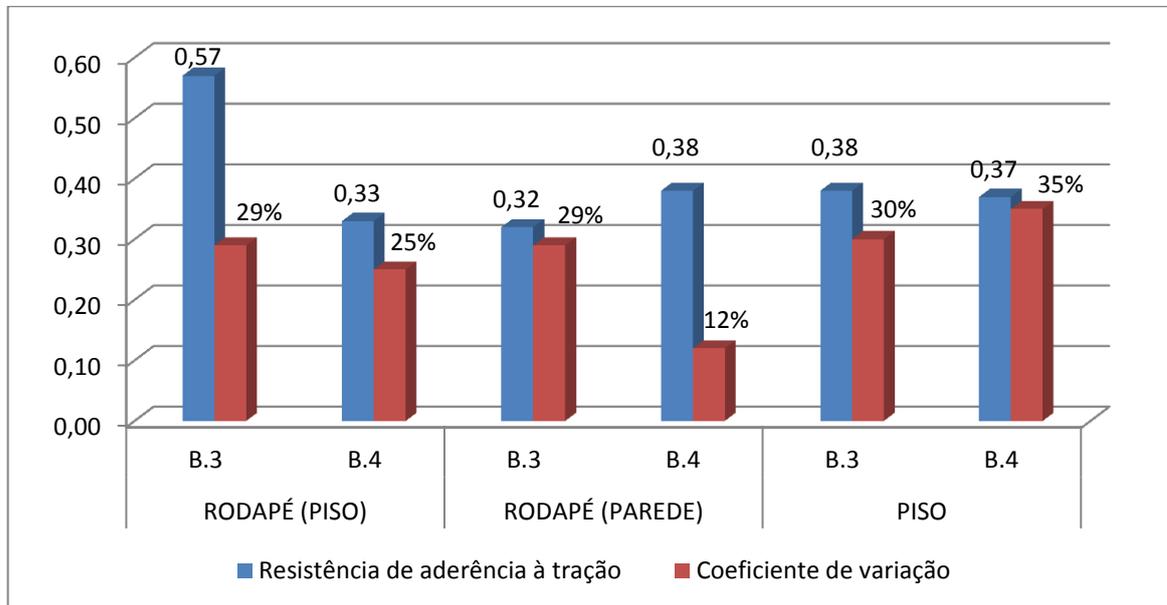
RODAPÉ (PISO)				RODAPÉ (PAREDE)				PISO			
B.3		B.4		B.3		B.4		B.3		B.4	
CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)	CP	TENSÃO (Mpa)
08	0,65	12	0,42	11	0,34	11	0,35	09	0,54	08	0,23
01	0,28	02	0,36	12	0,32	12	0,40	02	0,51	03	0,42
03	0,56	04	0,31	09	0,47	02	0,44	04	0,29	04	0,23
12	0,60	11	0,19	10	0,28	09	0,34	11	0,32	09	0,32
10	0,77	09	0,33	03	0,19	-	-	12	0,36	11	0,56
11	0,54	10	0,39	04	0,30	-	-	03	0,27	10	0,45

FONTE: Autor.

A norma NBR 13.754 (ABNT, 1996) determina que quatro dos seis corpos-de-prova devem apresentar valores de resistência à aderência iguais ou superiores a 0,30 MPa para revestimentos interno. Todos os resultados apresentados

atenderam os requisitos da norma. O Gráfico 2 mostra as médias dos resultados de aderência obtidos nas três situações, com seus respectivos coeficientes de variação.

Gráfico 2 - Média das resistências de aderência à tração e os valores de CV.



FONTE: Autor.

De forma geral os dois banheiros apresentaram valores médios acima do limite de norma, sendo que o rodapé piso do B.3 apresentou a mais alta (0,57 MPa) em relação as outras. Analisando, também, o coeficiente de variação que apresentou valores entre 12% e 35%, indicando baixa dispersão nos resultados obtidos. Por outro lado, a única observação é em relação o rodapé (parede) do B.4 que apresentou o menor valor do coeficiente de variação (12%), fato este por apenas quatro CP's terem sido ensaiados ao invés de seis, fato este ocasionado devido dois deles terem sido arrancados, indevidamente, enquanto esperava o período de cura argamassa colante.

Nestes dois banheiros, ensaiados por último, verificou-se que a presença da tela no rodapé não afetou a resistência de aderência. Possivelmente devido a uma melhor execução da impermeabilização.

A Tabela 24 mostra o resumo das formas de ruptura geradas no final de cada ensaio.

Tabela 24 - Porcentagens da forma de ruptura.

FORMA DE RUPTURA	Rodapé (Piso)		Rodapé (Parede)		Piso		TOTAL (%)
	B.3	B.4	B.3	B.4	B.3	B.4	
INTERFACE PASTILHA / COLA EPÓXI	-	-	-	-	-	-	0,00%
INTERFACE COLA EPÓXI / CERÂMICA	83%	100%	83%	100%	100%	83%	91,67%
INTERFACE CERÂMICA / ARGAMASSA COLANTE	15%	-	17%	-	-	-	5,28%
NO INTERIOR DA ARGAMASSA COLANTE	2%	-	-	-	-	7%	1,39%
INTERFACE ARGAMASSA COLANTE / IMPERMEABILIZAÇÃO	-	-	-	-	-	8%	1,39%
NO INTERIOR DA IMPERMEABILIZAÇÃO	-	-	-	-	-	-	0,00%
INTERFACE IMPERMEABILIZAÇÃO / SUBSTRATO	-	-	-	-	-	2%	0,28%
NO INTERIOR DO SUBSTRATO	-	-	-	-	-	-	0,00%

FONTE: Autor.

Averiguando as informações referentes às formas de rupturas, observa-se a predominância da ruptura adesiva, ocasionada na interface cola epóxi com a cerâmica em todos os ensaios, provavelmente, acarretada pela execução do ensaio após duas horas da instalação das pastilhas metálicas. A Figura 27 apresenta um exemplo do corpo-de-prova que rompeu na interface cola epóxi/cerâmica.

Figura 27 – Ruptura na interface cola epóxi com a placa cerâmica.



FONTE: Autor.

5 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi verificar, in loco, a aderência do revestimento cerâmico assentado diretamente sobre a impermeabilização das áreas frias, variando o tipo de preparo da base. Para produzir resultados quantitativos que tornaram possível a verificação de efeitos indicadores foi realizado experimento que proporcionou alguns comentários sobre o tema proposto:

- Os banheiros onde o substrato recebeu limpeza do tipo mecanizada, utilizando esmerilhadeira com disco diamantado, não foram acompanhados suas etapas executivas de perto, sendo escolhidos de forma aleatória. E o resultado do ensaio de aderência realizado, apresentou resultado insatisfatório, pois não atingiu o mínimo de resistência de aderência estabelecido por norma. Todavia, apresentou coeficiente de variação baixo, ou seja, indica baixa dispersão nos resultados. E se tratando das formas de ruptura é possível observar que 23,5% ocorreram no interior da argamassa colante, ocasionado pelo tempo em aberto ter sido excedido, e 20,4% ocorrido na interface argamassa colante/impermeabilização, causado pela falha na limpeza entre os meios. Portanto, 43,9% do ensaio apresentaram falhas no processo executivo da aplicação do revestimento cerâmico, tais como, limpeza sobre a impermeabilização e tempo em aberto da argamassa superior ao recomendado, provavelmente, se as seguintes etapas tiverem sido executadas de maneira correta, o ensaio tivesse apresentado valores iguais ou superiores ao exigido por norma.
- Os banheiros onde o substrato recebeu limpeza com jato d'água de alta pressão, foram acompanhados de perto, suas etapas executivas. E o resultado do ensaio de aderência realizado no substrato, apresentou resultado satisfatório, pois, atingiu o mínimo de resistência de aderência estabelecido por norma e coeficiente de variação baixo, indicando baixa dispersão nos resultados, apesar de a forma de ruptura ser do tipo adesiva.

- Em relação ao custo/benefício para a obra em questão a limpeza com jato d'água de alta pressão é mais viável. Uma vez que, não necessitaria do uso de disco diamantado e economizaria na energia em relação à limpeza mecanizada. Todavia, a limpeza do substrato tem que fazer parte do escopo do serviço de impermeabilização, uma vez que, a limpeza tem que ser procedida da aplicação da impermeabilização e a área isolada das outras frentes de serviço para não sujar o ambiente.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Ao iniciar qualquer ensaio de aderência de revestimento cerâmico varias duvidas e ideias relacionadas ao tema surgem no decorrer das atividades. Essas dúvidas e ideias podem auxiliar no desenvolvimento de outros trabalhos com objetivos semelhantes. Uma sugestão seria analisar a aderência do revestimento cerâmico sobre a impermeabilização cimentícia, variando a idade de assentamento do acabamento.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 16.055**. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 13.754** - Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13.753** - Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13.817** - Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 14.081** – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 14.992** – A.R – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 13.528** - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

BAUER, E; VASCONCELOS, P. H; GRANATO, S. E. Sistemas de Impermeabilização e isolamento Térmico. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. Ed. São Paulo: Arte Interativa, 2010. Cap. 44.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. Ed. São Paulo: Arte Interativa, 2007. Cap. 26.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Descolamento de Revestimentos de Argamassa Aplicados sobre Estruturas de Concreto – Estudos de casos brasileiros**. Artigo 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa, 2007.

CARASEK, H. **Aderência de argamassa à base de cimento Portland a substratos porosos: Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** São Paulo, 1996. (Tese de Doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

CUNHA, Aimar G. da; NEUMANN, Walter. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico: como projetar e executar.** Rio de Janeiro: Texsa Brasileira Ltda.; Argus, 1979.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** 2. Ed. São Paulo: Pini, 2009. Cap. 15.

GASTALDINI, A. L. G; SICHIERI, E. P. Materiais Cerâmicos para Acabamentos e Aparelhos. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 1. Ed. São Paulo: Arte Interativa, 2010. Cap. 19.

JUNGINGER, M. **Revestimentos cerâmicos aderidos: Aspectos técnicos no projeto de fachadas.** 2007. Disponível em: <<http://compar.eng.br/Public/Apostila%20Rev%20Ceramico.pdf>> Acesso em: 14 de nov. de 2013.

PAES, I. N. L.; GONÇALVES, S. R. C. Dos momentos iniciais pós-aplicação ao desenvolvimento da aderência. In: BAUER, Elton (Editor). **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades,** Brasília: LEM – UNB; Sinduscon, 2005. Cap. 6

PLÁ, C. F. O. **IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAMENTO,** 2009. Disponível em: <<http://edificacoes.files.wordpress.com/2010/03/impermeabilizacao.pdf>>. Acesso em: 25 de out. de 2013.

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa.** 2007. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

REDE PISOS. **O que é Resistência ao Risco (MOHS).** Disponível em: <<http://www.redepisos.com.br/capa.asp?idpagina=488>>. Acesso em: 25 de out. de 2013.

REBELO, C. R. **Projeto e Execução de Revestimento Cerâmico - Interno.** 2010. Curso de especialização em Construção Civil de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

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

SILVA, A. J. C. **Revestimentos – Apostila resumo**. UCP, Recife. 2007. Disponível em: <http://www.tecomat.com.br/angelo/arquivos/apost_revest.pdf> Acesso em: 15 de nov. de 2013.

SIQUEIRA, F. **CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL - TECNOLOGIA DE IMPERMEABILIZAÇÃO**, 2007. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/dalmo/Tecnologia%20Impermeabilizacao.doc> >. Acesso em: 26 de out. de 2013.

SOUZA, J. C. S.; MELHADO, S. B. **Parâmetros para seleção e projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 1997.

STAHLBERG, F. L. B. **Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

WEBER QUARTZOLIT. **A escolha de revestimento com placas cerâmicas**. 2012. Disponível em:<<http://www.weber.com.br/servicos/orientacoes-sobre-revestimentos/a-escolha-de-revestimento-com-placas-ceramicas.html>>. Acesso em: 15 de nov. de 2013.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. Ed. São Paulo: Pini: SindusCon, 2009. Cap. 13