UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE GERADA PELO TRATAMENTO SUPERFICIAL DO SUBSTRATO DE CONCRETO NA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Márcia Elisa Jacondino Pretto

Porto Alegre
dezembro 2007

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

MÁRCIA ELISA JACONDINO PRETTO

INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE GERADA PELO TRATAMENTO SUPERFICIAL DO SUBSTRATO DE CONCRETO NA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre

dezembro 2007

P942i Pretto, Márcia Elisa Jacondino

Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa / Márcia Elisa Jacondino Pretto. – 2007.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2007.

Orientadora: Profa. Dra. Ângela Borges Masuero; colaborador: Prof. Luis Carlos Bonin

1. Argamassa de revestimento. 2. Concreto. 3. Argamassa - Ensaios. I. Masuero, Ângela Borges, orient. II. Bonin, Luis Carlos, colab. III. Título

CDU-691.53(043)

MÁRCIA ELISA JACONDINO PRETTO

INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE GERADA PELO TRATAMENTO SUPERFICIAL DO SUBSTRATO DE CONCRETO NA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Concentração Construção Civil, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 07 de dezembro de 2007

Profa. Ângela Borges Masuero
Dra. pelo PPGEM / UFRGS
orientadora

Prof. Luis Carlos Bonin
MSc.
colaborador

Prof. Luis Carlos Pinto da Silva Filho
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Profa. Helena Carasek (UFG)
Dra. pela Universidade de São Paulo - USP

Prof. Cláudio de Souza Kazmierczaak (UNISINOS)
Dr. pela Escola Politécnica da USP - EPUSP

Prof. Wilson Kindlein Júnior (Dep. Materiais / UFRGS)
Dr. pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais - PPGEM / UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC e ao NORIE da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por me proporcionarem uma excelente qualificação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total e exclusiva dedicação ao mestrado.

À Professora Ângela Masuero e ao Professor Luis Carlos Bonin, orientadores deste trabalho, pelo empenho em fazer desta uma excelente pesquisa, com suas valiosas instruções.

Às empresas que contribuíram com os materiais doados e equipamentos emprestados, sem os quais seria praticamente impossível realizar essa pesquisa e às construtoras que colocaram suas obras a disposição para levantamento dos materiais, técnicas e equipamentos empregados.

À Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC, em especial à Engenheira Fernanda, aos Engenheiros Josué e Felipe, e também aos estagiários Gabriel e Samuel, pelo dedicado trabalho desempenhado nos ensaios de Resistência de Aderência.

Ao Professor Wilson, ao Engenheiro Fábio, e aos bolsistas Lara e Felipe, do Laboratório de Design e Seleção de Materiais – LDSM, desta Universidade, que possibilitaram uma grande contribuição nessa pesquisa.

Aos funcionários dessa Universidade Airton e Éder do laboratório do NORIE, Fontes e Alcemar do Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais - LEME, e também ao Antonio, que forneceram a mão-de-obra qualificada para execução desse trabalho.

Ao pessoal do Laboratório de Cerâmica – LACER, em especial ao bolsista de iniciação científica Fred, pela atenção ao utilizar a lupa estereoscópica.

Aos estudantes de graduação Laura e Mateus (voluntários da Faculdade de Arquitetura da PUCRS) e também aos bolsistas de iniciação científica do NORIE:, Rafael, Luciana, João Paulo, Henrique, Léo e demais bolsistas que, em algum momento, acompanharam o desenvolvimento desse trabalho.

A todos os “norianos”, ao meu marido, à minha família, aos meus amigos, e todos àqueles que também contribuíram de alguma forma, acompanharam, torceram e entenderam minha ausência algumas vezes, a todos estes, os meus mais sinceros votos de agradecimento.

RESUMO

PRETTO, M. E.J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 2007. 180 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

O maior uso do concreto de alta resistência, o uso de desmoldante e/ou o emprego de fôrmas plastificadas são fatores que cada vez mais contribuem para a superfície do concreto tornar-se lisa e de baixa porosidade superficial. Dessa forma, há prejuízo da absorção capilar que deve existir na camada superficial da base, de modo a permitir a penetração e a ancoragem dos produtos de hidratação da argamassa de revestimento no interior do substrato, garantindo a ancoragem mecânica. Neste sentido, a presente dissertação é resultado de um trabalho experimental realizado para investigar a influência da rugosidade gerada pelos tratamentos superficiais realizados nos substratos de concreto, com ou sem desmoldante, tais como lavagem por hidrojateamento, escovação, lixamento, apicoamento e uso de retardador de pega de superfície, na aderência do revestimento de argamassa. Para atender os objetivos propostos, moldaram-se prismas de concreto em três níveis de resistência fc_{28} (25 MPa, 35 MPa e 45 MPa), cujas superfícies foram tratadas e preparadas com chapisco convencional, traço 1:3 e chapisco adesivo. A argamassa de revestimento empregada foi industrializada. O programa experimental envolveu primeiramente a caracterização inicial dos materiais utilizados na confecção dos prismas de concreto, bem como das argamassas empregadas. Como caracterização dos substratos tratados, foram realizados ensaios para caracterizar a superfície, quanto à rugosidade e sucção capilar. A rugosidade foi avaliada em duas dimensões, através de perfis, de acordo com parâmetros normalizados, e também em três dimensões, através da superfície específica. Após o tratamento dos substratos, foi feita a aplicação da camada de chapisco, convencional e industrializado, e posteriormente, a aplicação da argamassa de revestimento, em camada única. Por fim, os revestimentos aplicados foram avaliados quanto à resistência de aderência e extensão de aderência. Com os resultados obtidos, concluiu-se que o uso do desmoldante prejudica a sucção capilar de substratos de concreto de fc_{28} igual ou inferior a 35 MPa. Conclui-se também que concretos de fc_{28} igual a 25 MPa possuem porosidade suficiente para garantir ancoragem mecânica, não necessitando de tratamento superficial, assim como quando se utiliza chapisco industrializado em qualquer concreto. Ao se utilizar chapisco convencional, a resistência de aderência aumenta a medida que se aumenta a rugosidade da superfície.

Palavras-chave: argamassa, chapisco, concreto, desmoldante, tratamento superficial, rugosidade, sucção capilar

ABSTRACT

PRETTO, M. E.J. **Influence of the rugosity produced by concrete substrate treatment in the adherence of mortar coverings**. 2007. 180 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

The widespread use of high resistance concrete , the use of lubricant and the employment of plastic-coated molds are factors that more and more contribute to the flat surface and low porosity of the concrete. Thus, there is damage of the capillary absorption that should exist in the substrate superficial layer, in order to allow the entrance and the anchorage of the hydration products of the coating mortar inside the substrate, guaranteeing the mechanical anchorage. In this way, the present dissertation resulted as experimental work realized to investigate the influence of the rugosity generated by the superficial treatments in the concrete substrate, with or without lubricant, such as wash with high pressure water jetting, brushing, grinding, milling and use of retarder of surface, in the adherence of the coating mortars. To reach the proposed objectives, concrete prisms were molded in three levels of resistance fc28 (25 MPa, 35 MPa and 45MPa), its surfaces were treated and prepared with conventional slurry mortar and adhesive slurry mortar. The coating mortar was industrialized. The experimental program involved the initial characterization of the materials used in concrete and mortars. To characterize the concrete surface tests were realized to characterize the rugosity and sorptivity. The rugosity was evaluated in two dimensions, through profiles, in accordance with parameters normalized, and also in three dimensions, through specific surface. Slurry mortar industrialized and conventional was applied after the substrate treatment, and the covering mortar was applied after in only one layer. Finally, the coverings applied were evaluated on the bond strength and adherence extension. The results obtained showed us that the use of the lubricant damages capillary suction on the concrete substrate 35MPa. Concretes 25MPa possess enough porosity to guarantee mechanical anchorage, not needing superficial treatment, as well when slurry mortar industrialized is used in any concrete. The resistance of adherence increases when the rugosity of the surface increases.

Key-words: mortar; slurry mortar; concrete; lubricant; substrate treatment, rugosity, sorptivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Descolamento de revestimento somente na parte aplicada sobre a estrutura de concreto; o revestimento aplicado sobre a alvenaria mostrou-se bem aderido (ver detalhe) – (CARASEK et al., 2005) 21

Figura 1.2: Descolamento de chapisco convencional em estrutura de concreto (Comunidade da Construção, 2005) 21

Figura 1.3: Obra com descolamento do revestimento na estrutura de concreto (Comunidade da Construção, 2005) 21

Figura 1.4: Descolamento do revestimento nas vigas - Tramandaí/RS 21

Figura 2.1: Condições de molhabilidade de uma superfície, para diferentes ângulos de contato θ, BURKARTER (2006): (a) superfície superhidrófila (ou com alta molhabilidade) θ = 0º; (b) superfície com molhabilidade parcial 180º>θ>0º; (c) superfície superhidrofuga (ou sem molhabilidade) θ = 180º 26

Figura 2.2: Capilar de vidro à esquerda contendo a água (forma côncava); capilar de vidro à direita contendo mercúrio (forma convexa). (Atkins, 2001 apud JUNIOR, 2007) 29

Figura 2.3: Representação de capilaridade: (a) Aumento de capilaridade, (b) Diminuição de capilaridade. (Lyklema, 1993 apud JUNIOR, 2007) ... 30

Figura 2.4: Tubo capilar de material poroso. BICO (2002) 30

Figura 2.5: Representação do deslocamento de um líquido sobre uma superfície rugosa.(BICO, 2002) 31

Figura 2.6: (a) líquido em contato total com a superfície, para uma superfície rugosidade com picos pouco elevados; (b) bolsões de ar sob o líquido (BICO, 2000) 31

Figura 2.7: Mecanismos de adesão mecânica. Adaptado de EMMONS et al. (1994) apud BÉLAIR (2005) 32

Figura 2.8: Diferentes formas em que os poros se apresentam na pasta de cimento (SIEBERT, 1986 citado por CASCUDO, 1999) 35

Figura 2.9: Interface – Zona de Transição Adaptado de Emmons et coll (1994) apud BÉLAIR (2005) 36

Figura 2.10: Zona de transição observada em microscópio óptico sob luz ultra-violeta (a) 33% de porosidade, (b) 42% de porosidade. (BACKELANDT, 2005) 37

Figura 2.11: Tipos de Ruptura obtidas no ensaio de Resistência de Aderência 41

Figura 2.12: Extensão de aderência da argamassa de revestimento em bloco cerâmico (CARASEK, 1996) 42

Figura 2.13: Extensão de aderência da argamassa de revestimento em bloco cerâmico (CARASEK, 1996) 42

Figura 3.1: Escovação Manual (Comunidade da Construção, 2005) 50

Figura 3.2: Escovação mecânica (JÚLIO, 2004) 50

Figura 3.3: Lixamento Mecânico (Wyoming Department of Transportation, 2006) … 50

Figura 3.4: Apicoamento manual realizado em obra em Porto Alegre 51

Figura 3.5: Superficie parcialmente apicoada (MENDEZ et al., 2003) 51

Figura 3.6: Apicoamento parcial mecanizado. (JÚLIO, 2004) 52
Figura 3.7: Superficie apicoada parcialmente (JÚLIO, 2004) 52
Figura 3.8: Ponteira utilizada no equipamento para apicoamento total (CABREDO et al, 2003) 52
Figura 3.9: Superfície totalmente apicoada (CABREDO et al, 2003) 52
Figura 3.10: Jateamento de areia (JÚLIO, 2004) 53
Figura 3.11: Superfície após tratamento com jato de areia (JÚLIO, 2004) 53
Figura 3.12: Lavagem por hidrojateamento (GARCIA, 2006) 54
Figura 3.13: Tipos de bico de equipamento de hidrojato (RESENDE (b), 2004) 54
Figura 3.14: Superfícies de diferentes rugosidades obtidas por hidrojateamento (GALECKI et al, 2006) 55
Figura 3.15: Fôrma com o plástico pronta para o lançamento do concreto (MENDEZ et al., 2003) 56
Figura 3.16: Superfície após a desfôrma (MENDEZ et al., 2003) 56
Figura 3.17: Superfície com agregado exposto pelo uso de retardador de pega de superfície (CABREDO et al, 2003) 56
Figura 3.18: Efeito parede na interface chapisco/concreto (SILVA, 2004) 59
Figura 3.19: Chapisco convencional. (CEOTTO, et al., 2005) 60
Figura 3.20: Chapisco rolado. (CEOTTO et al., 2005) 60
Figura 3.21: Chapisco industrializado. (CEOTTO, et al., 2005) 61
Figura 3.22: Chapisco industrializado. (Comunidade da Construção, 2005) 61
Figura 4.1: Superfície Real e Geométrica e Perfil Geométrico e Real (ROSA, 2007) 63
Figura 4.2: Elementos que compõe um perfil de uma superfície (ROSA, 2007) 64
Figura 4.3: Decomposição de um perfil de superfície (BELAIR, 2005) 65
Figura 4.4: Comprimento de Amostragem (ROSA, 2007) 66
Figura 4.5: Percurso de Medição e Comprimento de Amostragem (ROSA, 2007) 66
Figura 4.6: Rugosidade Média (Ra) (SECCO (a) et al., 2007) 67
Figura 4.7: Rugosidade Média (Rz) (SECCO (a) et al., 2007) 69
Figura 4.8: Rugosidade Máxima (Rmáx e Ry) (PALMA, 2006 71
Figura 4.9: Modelos Plásticos dos perfis de superfície do concreto. GALECKI et al (2001, 2006) 73
Figura 4.10: Ponta do apalpador diamantado (Mummery, 1992 apud Silva, 2006) 74
Figura 4.11: Imagem representando superfície de concreto após tratamento superficial, obtida por perfilômetro a Laser 75
Figura 4.12: Programa Rugo ID³ utilizado no processamento da imagem da superfície 76
Figura 4.13: Ensaio de absortividade (TAHA et al (a), 2001) 79
Figura 4.14: Representação do aparelho usado no ensaio de absorção capilar por BÉLAIR (2005) 80
Figura 5.1: Representação esquemática dos prismas de concreto 83
Figura 5.2: Limites de classificação do agregado miúdo 85

Figura 5.3: Diagrama de dosagem 87
Figura 5.4: Execução da lavagem a frio 90
Figura 5.5: Execução da lavagem a quente 90
Figura 5.6: Superfície do concreto 25 MPa (fcj) antes da lavagem – ampliação de 7,6X 90
Figura 5.7: Superfície do concreto 25 MPa (fcj) lavada com maior exposição dos poros – ampliação de 7,6X 90
Figura 5.8: Concreto 25 MPa (fcj) escovado – ampliação de 7,6X 91
Figura 5.9: Concreto 35 MPa (fcj) escovado – ampliação de 7,6X 91
Figura5.10: Equipamento utilizado no lixamento 91
Figura 5.11: Concreto 35 MPa (fcj) lixado – ampliação de 7,6X 91
Figura 5.12: Execução do apicoamento com o martelete eletromecânico 92
Figura 5.13: Aspecto final da superfície do concreto 35 MPa (fcj) apicoada – ampliação de 7,6X 92
Figura 5.14: Fissuras ainda no estado fresco 93
Figura 5.15: Descolamento da argamassa fresca 93
Figura 5.16: Aplicação da primeira demão do retardador de pega de superfície 94
Figura 5.17: Aplicação da segunda demão do retardador de pega de superfície 94
Figura 5.18: Instalação das lâminas de madeira na fôrma metálica 94
Figura 5.19: Concreto 45 MPa (fcj) com agregado exposto após lavagem com hidrojateamento – ampliação de 7,6 X 94
Figura 5.20 Imagens das superfícies de concreto tratadas 95
Figura 5.21: Equipamento utilizado – Digimill 3D 96
Figura 5.22: Detalhe do laser sobre o corpo-de-prova 96
Figura 5.23: Tela de configuração dos parâmetros do cabeçote Laser 98
Figura 5.24: Tela de configuração dos parâmetros do processo de digitalização 98
Figura 5.25: Tela inicial do programa utilizado 99
Figura 5.26: Fornecimento de dados do programa utilizado 99
Figura 5.27: “Nuvem” de pontos aberta no *Geomagic Studio 8* 102
Figura 5.28: Zoom na imagem gerada mostrando a malha tridimensional de triângulos 102
Figura 5.29: Vista superior da superfície de concreto tratada com retardador de pega 102
Figura 5.30: Vista em três dimensões da superfície de concreto tratada com retardador de pega 102
Figura 5.31: Processamento da nuvem de pontos obtida através da digitalização 3D a Laser – extraído de SILVA (2006) 103
Figura 5.32: Sistema montado para execução do ensaio de sucção capilar 105
Figura 5.33: Exemplo de gráfico contendo as retas de absorção e saturação - (concreto fcj 25 MPa apicoado) 106

Figura 5.34: Aspectos do corpos-de-prova com as diferentes argamassas de chapisco após os 90 min do ensaio de capilaridade 107
Figura 5.35: Imprimação do substrato com o chapisco industrializado 109
Figura 5.36: Aspecto final do chapisco industrializado 109
Figura 5.37: Corte dos corpos-de-prova para o ensaio de resistência de aderência ... 111
Figura 5.38: Vista lateral do corte onde se verifica a horizontalidade do corte 111
Figura 5.39: Ensaio de resistência de aderência 112
Figura 5.40: Detalhe de ruptura em corpo-de-prova 112
Figura 5.41: Extração das amostras para avaliação da extensão de aderência 112
Figura 5.42: Detalhe da extração das amostras para avaliação da extensão de aderência 112
Figura 5.43: Amostra extraída para análise 113
Figura 5.44: Lupa estereoscópica utilizada 113
Figura 6.1: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, sem tratamento, linha 1, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 115
Figura 6.2: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, sem tratamento, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm 115
Figura 6.3: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, lavado, linha 2, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 116
Figura 6.4: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, lavado, linha 2, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm 116
Figura 6.5: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, escovado, linha 1, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), (no detalhe, poro) escala 0,1 mm 116
Figura 6.6: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, lixado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 116
Figura 6.7: Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, retardador de pega, linha 1, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 116
Figura 6.8: Perfil de rugosidade do concreto 25, apicoado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 117
Figura 6.9: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, sem tratamento, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 117
Figura 6.10: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, sem tratamento, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,01 mm 117
Figura 6.11: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, lavado, linha 1, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 117
Figura 6.12: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, lavado, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm 117
Figura 6.13: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, escovado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 118
Figura 6.14: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, escovado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,01 mm 118
Figura 6.15: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, escovado, linha 2, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 118

Figura 6.16: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, lixado, linha 1, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm) escala 0,1 mm 118
Figura 6.17: Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, retardador de pega, linha 4, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 119
Figura 6.18: Perfil de rugosidade do concreto 35, apicoado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 119
Figura 6.19: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, sem tratamento, linha 4, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm 119
Figura 6.20: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, lavado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 119
Figura 6.21: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, lavado, linha 3, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm 119
Figura 6.22: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, escovado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm 120
Figura 6.23: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, escovado, linha 3, com 1 intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,01 mm 120
Figura 6.24: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, lixado, linha 3, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 120
Figura 6.25: Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, retardador de pega, linha 4, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 120
Figura 6.26: Perfil de rugosidade do concreto 45, apicoado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm 120
Figura 6.27: Parâmetro Ra para os diferentes tratamentos superficiais 122
Figura 6.28: Parâmetro Rq para os diferentes tratamentos superficiais 122
Figura 6.29: Parâmetro Rz para os diferentes tratamentos superficiais 123
Figura 6.30: Parâmetro Rmax para os diferentes tratamentos superficiais 123
Figura 6.31: Concreto 25 MPa (fcj), Sem tratamento: (a) vista superior da superfície; (b) imagem em 3 dimensões 124
Figura 6.32: Concreto 35 MPa (fcj), Sem tratamento: (a) vista superior da superfície; (b) imagem em 3 dimensões 124
Figura 6.33: Concreto 45 MPa (fcj), Sem tratamento: (a) vista superior da superfície; (b) imagem em 3 dimensões 125
Figura 6.34: Concreto 25 MPa (fcj), Lavado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões 125
Figura 6.35: Concreto 35 MPa (fcj), Lavado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões 125
Figura 6.36: Concreto 45 MPa (fcj), Lavado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões 126
Figura 6.37: Concreto 25 MPa (fcj), Escovado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 126
Figura 6.38: Concreto 35 MPa (fcj), Escovado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 127
Figura 6.39: Concreto 45 MPa (fcj), Escovado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 127

Figura 6.40: Concreto 25 MPa (fcj), Lixado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 128
Figura 6.41: Concreto 35 MPa (fcj), Lixado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 128
Figura 6.42: Concreto 45 MPa (fcj), Lixado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 128
Figura 6.43: Concreto 25 MPa (fcj), Retardador de Pega: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 129
Figura 6.44: Concreto 35 MPa (fcj), Retardador de Pega: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 129
Figura 6.45: Concreto 45 MPa (fcj), Retardador de Pega: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 130
Figura 6.46: Concreto 25 MPa (fcj), Apicoado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 130
Figura 6.47: Concreto 35 MPa (fcj), Apicoado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 131
Figura 6.48: Concreto 45 MPa (fcj), Apicoado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros 131
Figura 6.49: Incremento de superfície específica (ISS) em função do nível de resistência do concreto 132
Figura 6.50: Incremento de superfície específica (ISS) em função do nível de resistência do concreto 132
Figura 6.51: Incremento de superfície específica (ISS) para os diferentes substratos de concreto, com os diferentes tratamentos superficiais 133
Figura 6.52: Taxa de absorção em função do nível de resistência do concreto 135
Figura 6.53: Resistência capilar em função do nível de resistência do concreto..... 135
Figura 6.54: Taxa de absorção em função de cada tratamento superficial 136
Figura 6.55: Resistência capilar em função de cada tratamento superficial..... 136
Figura 6.56: Taxa de absorção e ISS em função dos tratamentos superficiais 137
Figura 6.57: Influência do tratamento superficial e da resistência do concreto na Taxa de absorção 138
Figura 6.58: Influência do tratamento superficial e da resistência do concreto na Resistência capilar 139
Figura 6.59: Taxa de absorção para substrato com e sem desmoldante 140
Figura 6.60: Resistência capilar para substrato com e sem desmoldante 140
Figura 6.61: Percentuais de corpos-de-provas rompidos por formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração, chapisco convencional 143
Figura 6.62: Percentuais de corpos-de-provas rompidos por formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração, chapisco industrializado 144
Figura 6.63: Influência do nível de resistência do concreto na resistência de aderência 146

Figura 6.64: Influência do desmoldante nos diferentes níveis de resistência dos substratos de concreto na resistência de aderência 148
Figura 6.65: Influência do desmoldante nos diferentes níveis de resistência dos substratos de concreto para cada chapisco na resistência de aderência 149
Figura 6.66: Influência da interação do tratamento superficial e resistência de aderência na resistência à tração aos 28 dias 150
Figura 6.67: Influência da interação entre nível de resistência do concreto e tratamento superficial na resistência de aderência do revestimento 151
Figura 6.68: Resistência de aderência em função do nível de resistência do concreto e do tipo de chapisco 151
Figura 6.69: Resistência de aderência em função dos tratamentos superficiais 151
Figura 6.70: Influência do uso do desmoldante nos tipos de chapisco 152
Figura 6.71: Concreto 45 com desmoldante lavado frio, ampliação de 6.7x 156
Figura 6.72: Concreto 45 lixado, Estudo Preliminar, ampliação de 6.7x 156
Figura 6.73: Vista lateral de prisma de concreto com revestimento aplicado , Estudo Preliminar 157
Figura 6.74: Interface concreto 25 MPa, sem desmoldante, lavado, chapisco industrializado, Estudo Preliminar, ampliação de 6,7x 157
Figura 6.75: Interface concreto 25 MPa, sem desmoldante, lavado, chapisco industrializado, Estudo Preliminar, ampliação de 6,7x 157
Figura 6.76: Interface concreto 45 MPa, com desmoldante, lavado a quente, chapisco industrializado, Estudo Preliminar, ampliação 6,7x 158
Figura 6.77: Interface concreto 25 MPa com desmoldante, lavado a quente, chapisco industrializado, Estudo Preliminar, ampliação 6,7x 158
Figura 6.78: Interface concreto 35 MPa, escovado, chaisco industrializado, Estudo Preliminar, ampliação 6,7 X 158
Figura 6.79: Interface concreto 45 MPa, com desmodante, sem tratamento, chapisco industrializado, ampliação 10x 158
Figura 6.80: Interface concreto 45 MPa, apicoado, chapisco industrializado ampliação 6,7x 159
Figura 6.81: Interface concreto 35 MPa, com desmoldante, lavado a quente, chapisco industrializado, ampliação 6,7x 159
Figura 6.82: Interface concreto 45 MPa, com desmoldante, lavado frio, chapisco industrializado, ampliação 6,7x 159
Figura 6.83: Interface concreto 45 MPa, com desmoldante, lavado frio, chapisco industrializado, ampliação 6,7x 159
Figura 6.84: Interface concreto 35 MPA, apicoado, chapisco convencional, ampliação 6,7x 160
Figura 6.85: Interface concreto 25 MPa, sem desmoldante, lavado, chapisco convencional, ampliação 6,7x 160
Figura 6.86: Interface concreto 25 MPa, retardador de pega de superfície, sem chapisco, ampliação 6,7x 160
Figura 6.87: Interface concreto 25 MPa, retardador de pega de superfície, sem chapisco, ampliação 6,7x 160

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Limites mínimos de Resistência de Aderência à Tração estabelecidos pela NBR 13749/1995 40

Tabela 3.1: Profundidades geradas pelos tratamentos superficiais (*Sherwin-Williams Company,* 2005) 47

Tabela 3.2: Índices de aspereza para diferentes combinações de parâmetros do equipamento de hidrojato (GALECKI et al, 2006) 55

Tabela 4.1: Superfícies e Perfis: definições 63

Tabela 4.2: Classes de Rugosidade de acordo com o parâmetro Ra 68

Tabela 4.3: Vantagens e desvantagens do parâmetro de rugosidade Ra 68

Tabela 4.4: Determinação do comprimento de amostragem para perfis aperiódicos baseados no parâmetro Ra 69

Tabela 4.5: Vantagens e desvantagens do parâmetro de rugosidade Rz 70

Tabela 5.1: Resultados dos ensaios de caracterização do cimento 84

Tabela 5.2: Resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo 84

Tabela 5.3: Análise granulométrica da areia regular – NM 248/2001 85

Tabela 5.4: Resultados dos ensaios de caracterização do agregado graúdo 86

Tabela 5.5: Análise granulométrica agregado graúdo – NBR NM 248:2003 86

Tabela 5.6: Dados de dosagem 86

Tabela 5.7: Resistências à compressão (fcj) 86

Tabela 5.8: Resistência do concreto (fcj), relação água/cimento (a/c), traço em massa e abatimento 88

Tabela 5.9: Resistência média à compressão do concreto (**fc_{28}**), por dia de moldagem 89

Tabela 5.10: Recomendação do retardador de acordo com o tamanho do agregado 93

Tabela 5.11: Características das lentes do scanner 3D a laser 97

Tabela 5.12: Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas de chapisco 107

Tabela 5.13: Resultados dos ensaios de caracterização física e mecânica das argamassas de revestimento 110

Tabela 6.1: Parâmetros de rugosidade Ra e Rq para os diferentes substratos de concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais 121

Tabela 6.2: Parâmetros de rugosidade Rz e Rmax para os diferentes substratos de concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais 121

Tabela 6.3: Análise estatística realizada por ANOVA para o parâmetro Ra 121

Tabela 6.4: Parâmetro ISS para os diferentes substratos de concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais 132

Tabela 6.5: Análise estatística realizada por ANOVA para o parâmetro ISS 132

Tabela 6.6: Taxa de Absorção e Resistência Capilar 135

Tabela 6.7: Taxa de Absorção e Resistência Capilar: Análise estatística realizada por ANOVA 135
Tabela 6.8: Médias das resistências à tração por tipo de ruptura do sistema de revestimento 142
Tabela 6.9: Médias e desvios das resistências à tração do sistema de revestimento 145
Tabela 6.10: Análise estatística por ANOVA: Influência do nível de resistência do concreto 146
Tabela 6.11: Análise estatística por ANOVA : Influência do desmoldante 147
Tabela 6.12: Análise estatística por ANOVA: influência do desmoldante – Estudo Preliminar 148
Tabela 6.13: Extensão de aderência para chapisco convencional – Estudo Preliminar 153
Tabela 6.14: Extensão de aderência para chapisco industrializado – Estudo Preliminar 154
Tabela 6.15: Extensão de aderência Retardador de Pega de Superfície – Estudo Preliminar 154
Tabela 6.16: Extensão de aderência para chapisco convencional 155
Tabela 6.17: Extensão de aderência para chapisco industrializado 155
Tabela 6.18: Extensão de aderência Retardador de Pega de Superfície 156

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

θ — Ângulo de contato
A — Ruptura na argamassa
C/A — Ruptura na interface chapisco/argamassa
C — Ruptura no chapisco
dx — deslocamento
e — Espessura do corpo-de-prova
F — Falha na colagem da peça metálica
g — Aceleração da gravidade
h — Altura da coluna líquida
i — Absorção acumulada de água por unidade de área
ISS — Incremento específico da superfície
L_t — Percurso de apalpamento
L_v — Percurso inicial
L_m — Percurso de medição
L_n — Percurso final
L_e — Percurso de amostragem (*cut-off*)
m — Massa
Pc — pressão capilar
Ph — pressão hidrostática
r — rugosidade
R — raio do capilar
Ra — (*Roughness average*), média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (yi) dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média
Rc — Resistência capilar
Rz — Média aritmética dos cinco valores da rugosidade parcial z_i
Rq — Raiz quadrada da média dos quadrados das ordenadas de afastamento z_i, dentro de um comprimento de amostragem
RMS — (*Root Mean Square*), equivalente a Rq
Rmáx — Maior valor das rugosidades parciais no percurso de medição
Ry — Máxima distância pico-vale, dentro do comprimento de amostragem
Rt — Máxima distância pico-vale, dentro do comprimento de avaliação
S — Taxa de absorção por sucção capilar
S/C — Ruptura na interface substrato/chapisco
SG — Superfície geométrica
SR — Superfície real
SS — Superfície efetiva
σ_l — Tensão superficial
σ_{lv} — Tensão superficial líquido / vapor
σ_{sl} — Tensão superficial sólido / líquido
σ_{sv} — Tensão superficial sólido / vapor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA 19
1.2 OBJETIVOS 21
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 22
2 ADESÃO E ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS 23
2.1 MECANISMOS DE ADESÃO 24
2.1.1 Adesão Específica: Aspectos Termodinâmicos 25
2.1.1.1 Molhabilidade 26
2.1.1.2 Pressão Capilar 28
2.1.1.3 Lei De Wenzel 30
2.1.2 Adesão Mecânica 32
2.1.2.1 Influência da Porosidade do Substrato 33
2.1.2.2 Influência da Rugosidade do Substrato 38
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ADERÊNCIA 39
2.2.1 Resistência De Aderência 39
2.2.2 Formas De Ruptura 40
2.2.3 Extensão De Aderência 42
3 PARTICULARIDADES DO SUBSTRATO DE CONCRETO 43
3.1 USO DO DESMOLDANTE 43
3.1.1 Tipos de Desmoldantes 43
3.1.2 Remoção do Desmoldante 44
3.2 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS 45
3.2.1 Tipos de Tratamentos Superficiais 46
3.2.1.1 Limpeza Química 48
3.2.1.2 Escovamento 49
3.2.1.3 Lixamento 50
3.2.1.4 Apicoamento 51
3.2.1.5 Projeção de Partículas Abrasivas 53
3.2.1.6 Tratamentos Superficiais Alternativos 55
3.3 CAMADA DE PREPARO – CHAPISCO 57
3.3.1 Chapisco Convencional 60
3.3.2 Chapisco Rolado 60
3.3.3 Chapisco Industrializado 61
4 CARACTERIZAÇÃO DAS SUPERFÍCIES 62
4.1 RUGOSIDADE 62
4.1.1 Conceitos Básicos 62
4.1.2 Parâmetros de Rugosidade 66

4.1.2.1 Rugosidade Média - Ra 67
4.1.2.2 Rugosidade Média – Rz 69
4.1.2.3 Desvio Médio Quadrático - Rq ou RMS (*Root Mean Square*) 70
4.1.2.4 Rugosidade máxima – Rmáx e Ry e Rugosidade Total – Rt 70
4.1.2.5 Parâmetros 3D 71
4.1.3 Técnicas Usadas para Medir a Rugosidade 72
4.2 ABSORÇÃO POR SUCÇÃO CAPILAR 76
5 PROGRAMA EXPERIMENTAL 82
5.1 VARIÁVEIS 82
5.2 SUBSTRATO DE CONCRETO ESTRUTURAL 83
5.2.1 Materiais Empregados 83
5.2.1.1 Cimento 83
5.2.1.2 Agregado Miúdo 84
5.2.1.3 Agregado Graúdo 85
5.2.2 Dosagem dos Materiais 86
5.2.3 Moldagem dos Prismas 88
5.2.4 Tratamento Superficial 89
5.2.4.1 Lavagem por Hidrojateamento 89
5.2.4.2 Escovação 90
5.2.4.3 Lixamento 91
5.2.4.4 Apicoamento 91
5.2.4.5 Retardador de Pega de Superfície 92
5.2.5 Caracterização dos Concretos Tratados Superficialmente 96
5.2.5.1 Rugosidade 96
5.2.5.2 Área Potencial de Contato 100
5.2.5.3 Ensaio de Penetração de Água por Sucção Capilar 103
5.3 CAMADA DE PREPARO – CHAPISCO 106
5.3.1 Materiais Empregados 106
5.3.2 Caracterização das Argamassas de Chapisco 106
5.3.3 Preparo e Aplicação das Argamassas de Chapisco 108
5.4 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO 109
5.4.1 Caracterização da Argamassa de Revestimento 109
5.4.2 Preparo e Aplicação da Argamassa de Revestimento 110
5.5 ENSAIOS 111
5.5.1 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração 111
5.5.2 Avaliação da Extensão de Aderência Através de Lupa Estereoscópica 112
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS 114
6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS DO CONCRETO 114
6.1.1 Rugosidade 114

6.1.2 Superfície Potencial de Contato 124
6.1.3 Sucção Capilar 134
6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO 141
6.2.1 Apresentação dos Resultados das Resistências de Aderência 141
6.2.2 Influência das Variáveis de Estudo nas Resistências de Aderência do Subsistema de Revestimento 145
6.2.2.1 Nível de Resistência do Concreto 146
6.2.2.2 Uso do Desmoldante 147
6.2.2.3 Tipo de Tratamento Superficial 149
6.2.2.4 Tipo de Chapisco 151
6.2.3 Extensão de Aderência 153
7 CONCLUSÕES 161
7.1 Substrato de Concreto Tratado Superficialmente 161
7.1.1 Rugosidade 161
7.1.2 Sucção Capilar 162
7.2 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS 163
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 165
8.1 NÍVEL DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO 165
8.2 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS DO CONCRETO 165
8.3 DESMOLDANTE 167
8.4 ARGAMASSAS EMPREGADAS: TIPO, MISTURA E APLICAÇÃO 167
8.5 PERFIS DE RUGOSIDADE: EQUIPAMENTO, PARÂMETROS E PERFIS 168
8.6 SUPERFÍCIE POTENCIAL DE CONTATO: EQUIPAMENTO, PARÂMETRO E SUPERFÍCIE EFETIVA 168
8.7 SUCÇÃO CAPILAR 168
8.8 CARACTERIZAÇÃO DA ADERÊNCIA 169
9 SUGESTÕES PESQUISAS FUTURAS 170
REFERÊNCIAS 171
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR 179

CD com Apêndices e Anexo:

APÊNDICE A – CARACTERIZAÇÃO ARGAMASSAS 180
APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO SUBSTRATO DE CONCRETO 190
APÊNDICE C – ESTUDO PRELIMINAR 206
APÊNDICE D – RESULTADOS RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA 220
APENDICE E – IMAGENS PERFIS DE RUGOSIDADE 234
APÊNDICE F – ANÁLISE MÚLTIPLA DE MÉDIAS – TESTE DE DUNCAN 243
ANEXO – ÂNGULO DE CONTATO, TENSÃO SUPERFICIAL, TENSÃO INTERFACIAL 256

1 INTRODUÇÃO

Nesse capítulo são apresentadas as justificativas da escolha do tema, os objetivos e a estrutura da dissertação.

1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

Uma manifestação patológica cada vez mais freqüente em revestimentos de argamassa, tanto com argamassas convencionais, preparadas em obra, como com argamassas industrializadas é o descolamento do revestimento aplicado sobre as estruturas de concreto.

Com inovações ocorridas nos últimos anos, que vão desde a inserção de novos materiais e novas práticas construtivas, até a concepção de novos sistemas estruturais, têm-se visto construções de edifícios consideravelmente mais altos, com a ocorrência de estruturas de concreto com grau de esbeltez significativamente maiores do que os que se observavam nas estruturas do passado, não raro com vãos livres maiores (CARASEK et al., 2005).

PEREIRA et al. (2005) acrescentam ainda que o emprego cada vez mais freqüente do concreto de alto desempenho nas estruturas de edifícios altos também vem ocasionando dificuldades de boa aderência entre este e a argamassa de chapisco, por apresentar baixas absorção e permeabilidade, além da superfície lisa.

CARASEK et al. (2005) destacam também que além do maior uso do concreto de alta resistência, o emprego de fôrmas plastificadas contribui ainda mais para a superfície tornar-se lisa e de baixa porosidade. Dessa forma, há prejuízo da absorção capilar que deve existir na camada superficial da base, de modo a permitir a entrada e a ancoragem dos produtos de hidratação da argamassa de revestimento no interior do substrato.

CARASEK et al. (2005) em seus estudos de casos realizados em nove obras de Brasília - DF, onde os revestimentos de argamassa aplicados sobre concreto apresentaram manifestações patológicas, concluíram que o problema principal detectado foi o descolamento dos revestimentos de argamassa. Os problemas ocorriam essencialmente nos revestimentos aplicados sobre a estrutura de concreto, não existindo em nenhum dos casos descolamentos importantes sobre as alvenarias (Figura 1.1). Segundo os autores, o revestimento descolava em forma de placas grandes e coesas com ruptura na interface estrutura/chapisco, removendo totalmente o chapisco e deixando a superfície do concreto completamente limpa. Os autores ainda observaram que a maioria das argamassas de chapisco utilizada foi argamassa preparada em obra, em alguns casos contendo aditivos promotores de adesão; na maior parte das obras era adotado desmoldante industrializado

de base óleo e, em alguns casos, com baixa diluição em água; em grande parte dos casos não foi realizado nenhum procedimento de limpeza da estrutura antes da aplicação do chapisco.

O exemplo citado anteriormente trata de uma das piores condições de cura da argamassa, pois em Brasília o clima caracteriza-se pela baixa umidade relativa, o que acarreta em grande retração do revestimento. No entanto, segundo os autores, essa retração não foi a principal causa da baixa aderência, mas sim a falta de limpeza do substrato e principalmente o tipo de desmoldante empregado durante a concretagem.

VEIGA (2003) salienta que enquanto os substratos com superfície texturizada e sucção média e homogênea oferecem boas condições de aderência, os substratos de concreto, especialmente o concreto moldado em fôrmas não-tradicionais muito lisas e impermeáveis, como as fôrmas metálicas, originam freqüentemente problemas de aderência. A autora comenta ainda que algumas soluções para esta situação têm sido usadas em obra, recorrendo, sobretudo, à promoção de mecanismos químicos de aderência ou ao incremento das condições mecânicas de aderência. Os construtores portugueses dão grande preferência às alternativas com menor custo com mão-de-obra, ou seja, as de caráter químico, mas nem sempre os resultados têm sido bons.

Salienta-se que no Brasil, que possui farta mão-de-obra e os produtos químicos, além de caros, ainda requerem maiores pesquisas, a preferência ainda é pelas técnicas de caráter mecânico. No entanto, embora muitas técnicas já estejam sendo empregadas, carece-se de pesquisas.

No trabalho em que a Comunidade da Construção[1] de Porto Alegre escolheu realizar no tema argamassas de revestimento, desenvolvido em função da falta de informações sobre a compatibilidade entre os diversos tipos de argamassas e blocos de vedação (cerâmico e concreto) utilizados na região, foi avaliada a influência dos tipos de substrato e argamassa na aderência dos revestimentos de argamassa. Os autores destacam que a cidade de Porto Alegre caracteriza-se por além de apresentar grande variabilidade de substratos disponíveis no mercado, possuir também elevada variação térmica em curtos períodos de tempo, o que dificulta, muitas vezes, a obtenção de desempenho satisfatório dos revestimentos (VIEIRA et al., 2005).

Considerando-se que o processo de aderência inicia-se imediatamente após o contato da argamassa com o substrato, chamada de adesão inicial, devido ao movimento da água em

[1]Comunidade da Construção é um movimento liderado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) que visa a integração da cadeia produtiva e o aumento de competitividade dos sistemas construtivos à base de cimento.

direção à base por sucção capilar, então, além das características das argamassas, as características e propriedades dos substratos são fatores relevantes na resistência de aderência das argamassas (CARASEK et al., 2001 e VIEIRA et al, 2005).

As Figuras de 1.1 a 1.4 ilustram alguns exemplos de descolamento do revestimento argamassado do substrato de concreto.

Figura 1.1 – Descolamento somente na parte aplicada sobre a estrutura de concreto; o revestimento aplicado sobre a alvenaria mostrou-se bem aderido (ver detalhe) – (CARASEK et al., 2005)

Figura 1.2 – Descolamento de chapisco convencional em estrutura de concreto (Comunidade da Construção, 2005)

Figura 1.3 – Obra com descolamento do revestimento na estrutura de concreto (Comunidade da Construção, 2005)

Figura 1.4 – Descolamento do revestimento nas vigas - Tramandaí/RS

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa pesquisa é, então, avaliar a aderência dos revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto submetidos a diferentes tratamentos superficiais.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Verificar se existe correlação entre a sucção do substrato e a rugosidade proporcionada pelo tratamento superficial;
- avaliar a influência do concreto empregado como substrato e a rugosidade gerada pelo tratamento superficial, na sucção capilar e na resistência de aderência dos revestimentos;
- verificar a influência do uso do desmoldante na sucção capilar e nas resistências de aderência do revestimento;
- comparar o desempenho dos dois tipos de chapisco estudados (convencional e industrializado);
- correlacionar a resistência de aderência à tração dos revestimentos com a rugosidade do substrato e com a sucção do substrato;
- avaliar a extensão de aderência entre as interfaces concreto/chapisco e chapisco/argamassa.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Nesse primeiro capítulo são apresentadas as justificativas da escolha do tema bem como os objetivos dessa pesquisa.

No capítulo 2 consta a fundamentação das principais técnicas e parâmetros relatados em pesquisas nacionais e internacionais, no âmbito dos revestimentos de argamassa e substratos de concreto.

Ainda no segundo capítulo, é tratada a adesão mecânica, com enfoque na porosidade e rugosidade do substrato. Ao se falar da aderência propriamente dita, no estado endurecido da argamassa, comenta-se as principais técnicas de caracterização dessa propriedade.

Na seqüência, no capítulo 3 são destacadas as particularidades do substrato de concreto pertinentes à aderência do subsistema de revestimento em argamassa, bem como as principais técnicas e procedimentos adotados para tratar e preparar a superfície.

No capítulo 4 são apresentados os parâmetros de rugosidade, as técnicas usadas para medir a rugosidade, bem como a caracterização do substrato pela sucção capilar.

No capítulo 5, o programa experimental é relatado, apresentando os materiais empregados, suas caracterizações, bem como as técnicas e procedimentos utilizados.

No capítulo 6, é feita a apresentação e a análise dos resultados, incluindo a análise estatística realizada.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões e no capítulo 8 as considerações finais, com sugestões para pesquisas futuras.

2 ADESÃO E ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS

No Brasil, ocorre a separação dos termos adesão e aderência, no âmbito dos sistemas de revestimento à base de argamassa, em relação ao momento em que se observa essa propriedade. Nesse sistema, coexistem alguns mecanismos básicos, aquele que enfatiza o intertravamento mecânico do material adesivo no substrato e o que demonstra a adesão através de ligações de origem físico-químicas (como forças de Van der Walls e fenômenos de adsorção). Além disso, há a diferenciação entre os momentos do fenômeno, onde se fala em adesão inicial, adesão e aderência (GONÇALVES, 2004).

A adesão inicial é a propriedade da argamassa que lhe permite permanecer aderida ao substrato momentaneamente após a aplicação, não significando a completa adesão do sistema a longo prazo; podendo, também, ser resultante das forças de dispersão entre a argamassa fresca e o substrato (SANTOS, 2003). A forma como ela ocorre depende tanto das características de trabalhabilidade da argamassa, quanto das características de porosidade ou rugosidade da base ou de tratamento prévio que aumente a superfície de contato entre os materiais (CINCOTTO et al.[2], 1995 apud GONÇALVES, 2004).

A adesão propriamente dita passa a ocorrer à medida que parte da água de amassamento, que contém em dissolução as partículas do aglomerante, penetra nos poros e canais da base, condicionando a precipitação do hidróxido de cálcio e/ou dos géis de cimento, dando início ao mecanismo de aderência. Sob o ponto de vista do processo executivo, a adesão ocorre durante o período em que a argamassa está à espera do sarrafeamento, pois essa operação exige que a argamassa já tenha perdido muita água, indicando uma diminuição nítida de plasticidade e uma modificação nas características reológicas do sistema (CORTEZ, 1999).

BAUER et al. (1998) apud CORTEZ (1999) definem aderência como sendo a propriedade que permite ao revestimento, ou a interface revestimento/substrato, absorver e resistir a esforços normais e tangenciais. Em outras palavras, representa a capacidade do revestimento em manter-se estável, com ausência de fissuração e fixo ao substrato (CARASEK, 1996) e (SELMO, 1989[3] apud GONÇALVES, 2004).

---

[2] CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Publicação IPT 2378), 1995. 118 p. Boletim Técnico 68 IPT.

[3] SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios.** São Paulo, 1989. 227 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Seu mecanismo efetua-se pela ancoragem mecânica e atrito da pasta de argamassa nos poros e rugosidades do substrato. O fenômeno ocorre da seguinte maneira: quando a argamassa entra em contato com a superfície absorvente, parte da água de amassamento que contém em dissolução os componentes do aglomerante no estado coloidal, penetra pelos poros e cavidades do substrato. No interior destes, ocorrem os fenômenos de precipitação e hidratação, seja dos géis de silicato do cimento, seja do hidróxido de cálcio da cal e, transcorrido algum tempo, com a cura, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem mecânica da argamassa à base (ROSELLO[4] apud CARASEK, 1996).

Salienta-se que o estudo da aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto, é um tema relativamente novo no nosso país e pouco pesquisado internacionalmente. Dessa forma, a maior parte dos artigos e teses encontrados que relacionam o tratamento superficial do substrato de concreto com a aderência, tratam de técnicas de reforço estrutural e não do revestimento em argamassa. Além do enfoque na rugosidade do substrato de concreto, tem-se o desmoldante como mais um fator determinante na adesão, e que na bibliografia não se encontrou pesquisas realizadas. Portanto, procurou-se correlacionar mecanismos de adesão com parâmetros que influenciam a aderência, explanando-se conceitos da física, da físico-química, da engenharia mecânica e de superfícies, pouco ou ainda não abordados no contexto da aderência das argamassas, relacionados com os princípios da termodinâmica.

2.1 MECANISMOS DE ADESÃO

BACKELANDT (2005) ao falar das teorias de adesão, citou seis teorias que estão relacionadas ao material de reparo no substrato de concreto, a saber: Teoria da Molhabilidade; Teoria da ancoragem mecânica; Teoria das Interações Moleculares (que inclui as forças de Van der Waals e as Pontes de Hidrogênio); Teoria das ligações químicas (que inclui ligações covalentes, metálicas e iônicas); Teoria das camadas Interfaciais de fraca coesão e Colagem em meio poroso.

De acordo com BÉLAIR (2005) e PEREZ (2005), os mecanismos da adesão resultam de dois fenômenos principais: adesão específica e adesão mecânica. BÉLAIR (2005) destaca que a adesão específica compreende as forças intermoleculares, a termodinâmica e as ligações químicas.

[4] VALDEHITA ROSSELLO, M.T. Morteros de cemento para albañilería. Madrid, Instituto Eduardo Torroja de la Construccíon y Del Cemento, 1976.

No caso de aderência da argamassa de revestimento, as forças físico-químicas (ligações de Van der Walls, por exemplo) apesar de serem primordiais, geram ligações fracas. O que indica que o travamento com a rugosidade têm um papel importante na aderência. Pesquisas realizadas com substratos pouco porosos, resultaram em baixos valores de resistência de aderência, por não permitirem o travamento mecânico (GALLEGOS, 1995).

2.1.1 Adesão Específica: Aspectos Termodinâmicos

A adesão específica diz respeito aos mecanismos que dependem da superfície específica disponível, isto é a soma de superfícies individuais do contato (COURARD[5] apud BÉLAIR, 2005). Dentre os mecanismos de adesão específica, as interações moleculares são baseadas no princípio que a ligação entre duas fases distintas vem das forças intermolecular e interatômica, cujo efeito resulta das atrações elétricas. As forças de Van der Waals e as conexões pelas pontes de hidrogênio são as duas categorias de interações moleculares fundamentais (BÉLAIR, 2005).

Há também os aspectos termodinâmicos da adesão que englobam as energias das fases concernidas. A tensão interfacial, a absortividade e a adsorção do substrato tal como a histerese do ângulo do contato entre as superfícies das fases concernidas (sólido, líquido e/ou gás) são os três aspectos que cercam a noção da termodinâmica. O último mecanismo envolve ligações químicas que implicam energias 10 a 100 vezes maiores do que as conexões Van der Waals (COUVRAT, 1992[6] apud BELAIR 2005). Entretanto, segundo o autor, é praticamente um consenso que estas conexões estão presentes na interface com o concreto, desde que gerem reações químicas verdadeiras.

De acordo com o exposto, para se compreender a adesão e a relação desta com a rugosidade da superfície, é importante um estudo com base na termodinâmica. Nesse sentido, uma vez que o fenômeno está relacionado ao comportamento das tensões superficiais e da energia de superfície dos materiais envolvidos, uma breve discussão dessas grandezas, relacionando-as ao ângulo de contato, será realizada.

No Anexo 1 estão apresentados os conceitos de ângulo de contato, tensão superficial e tensão interfacial.

Do ponto de vista reológico, uma vez que a adesão ocorre no estado fresco da argamassa, e esta, ainda está no seu estado fluido, considera-se no mecanismo de adesão (para fins de

[5] COURARD, L. **Contribution à l'analyse des paramètres influençant la création de l'interface entre un béton et un système de réparation.** Thèse de Doctorat. Université de Liège. Liège, 198 pages. 1999

[6] COUVRAT, P. **Le collage structural moderne : théorie & pratique**, Tec & Doc – Lavoisier, Paris, 246 pages. 1992

ângulo de contato, tensão superficial e interfacial), não entre sólidos, mas entre líquido e sólido (argamassa de chapisco fresca e substrato de concreto, ou argamassa de revestimento fresca e argamassa de chapisco endurecida).

2.1.1.1 Molhabilidade

A idéia de molhabilidade está associada à interação de um líquido com uma superfície sólida. Tal interação pode levar ao espalhamento do líquido sobre a superfície, a penetração do líquido nos poros do meio ou ainda o seu escoamento sobre essa superfície sob a forma de gotas (JOHNSON (1993) apud BURKARTER (2006)).

Molhabilidade define a extensão na qual um líquido se espalhará sobre uma superfície sólida. Boa molhabilidade significa que o líquido fluirá sobre o sólido cobrindo cada reentrância do mesmo e retirando todo o ar entre eles; a molhagem só ocorrerá se o líquido tiver uma baixa viscosidade e se a molhagem resultar em um decréscimo da energia livre do sistema (MATTHEWS & RAWLINGS, 1994 apud GONÇALVES, 2004).

Para líquidos molhantes, as forças coercivas (forças líquido-líquido) são menores que as forças adesivas (forças sólido-líquido). Em líquidos não molhantes, ocorre o oposto. É evidente que em líquidos não-molhantes, se as forças de campo (gravitacionais, por exemplo) que agem no sistema são pequenas, o formato das gotas se aproximam de uma esfera, com contato com a superfície em apenas um ponto, ou seja, com um ângulo de contato que se aproxima de 180º. MANTELLI (2007).

Para uma superfície de molhabilidade considerável, o ângulo de contato (θ) fica abaixo de 90 graus, e esta superfície é chamada hidrófila. Se este ângulo for zero a superfície molha completamente, como é mostrado na Figura 2.1 (a), neste caso, a superfície é chamada de superhidrófila. Quando θ é maior que 90 graus a superfície não molha, e é chamada de hidrófuga. Se esse ângulo é, contudo, superior a 165º ou igual a 180º, como mostra a Figura 2.1 (c) a superfície é chamada superhidrófuga (BURKARTER, 2006).

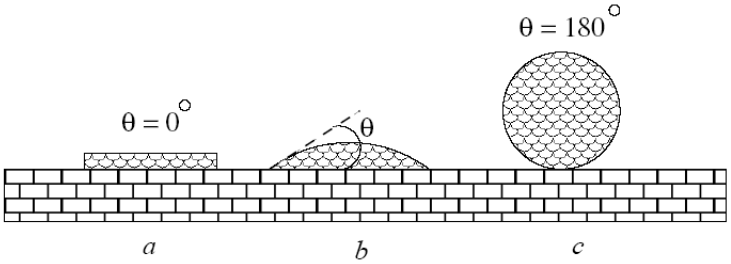


Figura 2.1 – Condições de molhabilidade de uma superfície, para diferentes ângulos de contato θ, BURKARTER (2006):

a) superfície superhidrófila (ou com alta molhabilidade) θ = 0º
b) superfície com molhabilidade parcial 180º>θ>0º
c) superfície superhidrofuga (ou sem molhabilidade) θ = 180º

Em outras palavras, quando θ < 90º, o fluido (L para o caso da Figura 1.7) é chamado de fluido molhante. Quando θ > 90º, o fluido é chamado de fluido não molhante. Quando a tensão de adesão for igual a zero, isto é, θ = 90º, há a indicação que ambos os fluídos têm a mesma afinidade com a superfície. Este é o conceito de molhabilidade de um sólido por um líquido (BEAR, 1975).

Por exemplo, para a água em Téflon®, o ângulo de contato é observado é de 120° e é muito difícil exceder este valor a menos que se use um líquido exótico como o mercúrio. Conforme comentado anteriormente, no caso extremo onde o ângulo é muito próximo a 180° (>160° na prática) a superfície é superhidrófuga. Como exemplo, pode-se citar as folhas vegetais e as penas do pato que são lubrificadas (BICO, 2000).

No caso dos substratos de concreto, pode-se ter a superfície hidrófuga quando esta encontra-se impregnada por desmoldante, que por agir como lubrificante da fôrma, possui baixo ângulo de contato para um melhor espalhamento.

O ideal é que se tenha um substrato que garanta uma boa molhabilidade, ou seja, que sua superfície seja hidrofílica, mas que também a argamassa possua propriedades compatíveis com as do substrato.

Uma boa molhabilidade irá depender tanto das propriedades do fluido e do sólido, como da interação entre eles. Do ponto de vista do fluido, deve-se levar em consideração o ângulo de contato que formará com a superfície, sua tensão superficial e viscosidade. Do ponto de vista do substrato, a molhabilidade irá depender tanto da composição química da superfície, como de sua rugosidade, que altera o ângulo de contato, como será tratado mais adiante. Da interação entre eles, deve-se ter as menores tensões interfaciais possíveis, bem como altas pressões capilares.

2.1.1.2 Pressão Capilar

A pressão capilar é uma medida da tendência de um meio poroso em absorver o fluido molhante ou repelir o fluido não-molhante (WENDLAND, 2007). BEAR (1975) destaca ainda que, quando dois fluidos não-miscíveis estão em contato nos vazios (poros) de um meio poroso, existe uma descontinuidade de pressão na interface que os separa. A magnitude desta descontinuidade depende do raio de curvatura da interface e é chamada de pressão capilar.

No caso do substrato de concreto, os fluidos não-miscíveis são o desmoldante e a argamassa em seu estado fresco. Ambos são fluidos molhantes isoladamente, mas a argamassa na presença do desmoldante, que altera a superfície tornando-a hidrófuga, é esperado que se torne não-molhante. No entanto, essa condição irá depender do ângulo de contato que cada fluido faz com o substrato, que altera a molhabilidade, bem como as tensões interfaciais entre o substrato e os fluidos, e entre os fluidos.

Segundo BEAR (1975), devido à dependência local (em cada poro do meio) com a tensão interfacial entre o fluido molhante e o não-molhante e o raio médio de curvatura, a pressão capilar irá depender da geometria dos espaços vazios do meio poroso (distribuição dos tamanhos dos poros), da natureza do sólido e dos líquidos (em termos do ângulo de contato) e do grau de saturação do meio, pois o grau de saturação do meio por fluido molhante irá determinar o volume de fluido acumulado como água pelicular. Em meios porosos naturais, a geometria dos espaços vazios é extremamente complexa e irregular, não sendo possível sua descrição analítica.

Como o ângulo de contato depende da direção do deslocamento, a pressão capilar está sujeita ao fenômeno de histerese[7], pois assume diferentes valores de equilíbrio quando o fluido molhante avança ou retrocede sobre a superfície sólida (BEAR, 1975).

A ação capilar dos líquidos se deve à tendência dos líquidos de subir pelas paredes de tubos capilares (tubos muito finos) e é uma conseqüência da tensão superficial. A umidade ascencional em alvenaria se deve à ação capilar dos poros dos tijolos, da argamassa e do concreto. Quando um tubo capilar é imerso em água ou em um líquido com tendência a aderir às paredes do capilar de vidro, a energia é menor quando o filme líquido cobre o vidro tanto quanto for possível. À medida que o líquido sobe pelo lado interno da parede, tem o efeito de curvar a superfície do líquido dentro do tubo (Figura 2.2) (JUNIOR, 2007).

[7] A tensão interfacial e a molhabilidade podem ser diferentes quando a interface fluido-fluido avança ou retrocede sobre uma superfície sólida. Este fenômeno de avanço e retrocesso é chamado de histerese (BEAR, 1975)

Figura 2.2 –Capilar de vidro à esquerda contendo a água (forma côncava); capilar de vidro à direita contendo mercúrio (forma convexa). (Atkins, 2001 apud JUNIOR, 2007)

O autor explica que na Figura 2.2, o menisco da água em um vidro capilar é curvado para cima nas bordas (adquirindo uma forma côncava) porque as forças adesivas entre moléculas de água e átomos de oxigênio e grupos hidroxila que estão presentes na superfície típica de vidro são mais fortes que as forças coesivas entre as moléculas de água. A água tende a se espalhar sobre a maior área possível do vidro. Entretanto, ao observar o comportamento do mercúrio, as bordas do menisco descem pelas paredes do vidro (adquirindo uma forma convexa). Esta forma é sinal de que forças coesivas entre átomos do mercúrio são mais fortes do que a adesão do mercúrio ao vidro, pois neste caso, o líquido tende a reduzir seu contato com o vidro.

A capilaridade além das características da superfície e do líquido em contato, também é muito influenciada pelo diâmetro do capilar. Segundo COPPOLA (1996) apud POSSER (2004), a ascensão capilar de água termina quando se estabelece um equilíbrio entre a pressão capilar (Pc) e a pressão hidrostática (Ph), como mostra a Equação 1.

$$Ph = m.g.h = \frac{2.\sigma.\cos\theta}{R} = Pc \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

Ph – pressão hidrostática
m – massa do líquido
g – aceleração da gravidade
h – altura da coluna de líquido acima do ponto considerado
σ – tensão superficial
θ – ângulo de contato
R – raio do capilar
Pc – pressão capilar

De acordo com a equação 1, percebe-se que a pressão capilar é inversamente proporcional ao raio do capilar. Assim, quanto menor o diâmetro, maior será a altura alcançada pela água (STRAUBE, 2002 apud POSSER 2004).

Quando o líquido em contato com o sólido adquire uma forma convexa, há um aumento de capilaridade e quando adquire a forma côncava, há uma diminuição de capilaridade (Figura 2.3).

BICO (2002) destaca ainda que é provável que duas elevações capilares diferentes aconteçam em um tubo: uma na parte principal, e outra dentro das rugosidades. Quando tem-se as paredes do capilar rugosas, o que ocorre geralmente em materiais porosos, o filme nas rugosidades se propaga mais rapidamente que o menisco principal, como mostra a figura 2.4.

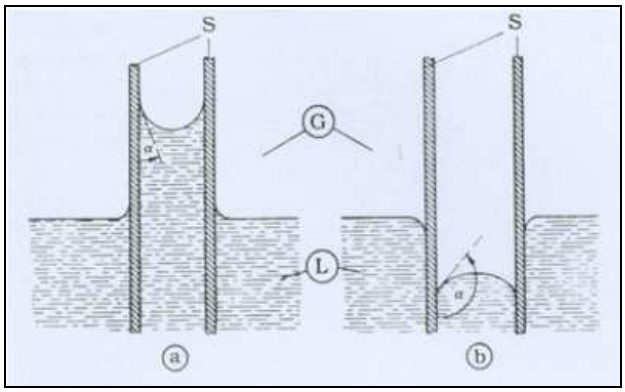


Figura 2.3 – representação de capilaridade
(a) Aumento de capilaridade,
(b) Diminuição de capilaridade
(Lyklema, 1993 apud JUNIOR, 2007)

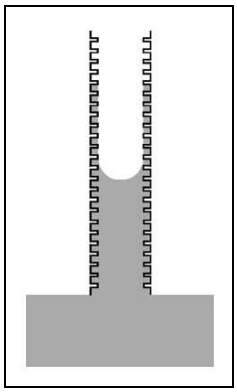


Fig. 2.4 Tubo capilar de material poroso. BICO (2002)

De acordo com o exposto pelos autores, pode-se concluir que para que haja uma boa ancoragem da argamassa nos capilares do substrato, é recomendável que o ângulo de contato seja inferior a 90º, para que a pressão capilar seja majorada, e que as forças adesivas entre a argamassa e o substrato sejam maiores que as forças coesivas entre a argamassa em seu estado fresco.

2.1.1.3 Lei de Wenzel

WENZEL (1936)[8] aperfeiçoou a equação de Young, que considera um líquido sobre um sólido plano e liso, considerando o líquido sobre uma superfície rugosa (Figura 2.5) (BICO, 2000). Essa equação considerando o parâmetro de rugosidade (*r*) é chamada de Lei de Wenzel (equação 2.1).

$$\cos\theta^* = r.\cos\theta \qquad (2.1)$$

[8] WENZEL, R.N. **Resistance of solid surfaces to wetting by water**, Ind. Eng. Chem. 28, 988-994 (1936)

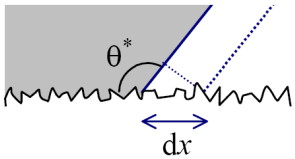


Figura 2.5 – Representação do deslocamento de um líquido sobre uma superfície rugosa.(BICO, 2002)

Este desenvolvimento só é válido se a escala de rugosidade for inferior ao deslocamento dx (BICO, 2000). Ou seja, o deslocamento do fluido sobre a superfície deve ocorrer em conformidade com a grandeza de rugosidade do substrato, para que este parâmetro altere o ângulo de contato favorecendo a interface. Dessa forma, garantir-se-á o total contato da superfície rugosa com a superfície (Figura 2.6 (a)). Em contrapartida, se o deslocamento do fluido não for compatível com a rugosidade do substrato, a Lei de Wenzel não se aplica e poderá ocorrer a formação de bolsões de ar (Figura 2.6 (b)), que é chamado de efeito "Tapete de Fakir".

Figura 2.6 – (a) líquido em contato total com a superfície, para uma superfície rugosidade com picos pouco elevados; (b) bolsões de ar sob o líquido (BICO, 2000)

BICO (2000) afirma que haverá o aprisionamento do ar na interface quando o parâmetro de rugosidade "r" for superior a um valor crítico, quando então a linha de contato do líquido se posiciona recuperando o ângulo de equilíbrio θ, que é a condição ideal numa escala menor. Se a escala de rugosidade for menor que o tamanho da gota, a interface líquido/ar é então quase plana entre dois picos.

No entanto, apesar do efeito do "Tapete de Fakir" causado por determinada rugosidade, esta não é suficiente para tornar uma superfície superhidrófuga. É necessário também que o material de que a superfície é composta seja hidrófugo, isto é, o ângulo do contato da água em uma superfície lisa deste mesmo material seja maior que 90° (BICO, 2000).

Outros autores, como CASE et al. (2005) e SHASTRY et al. (2005 e 2006) pesquisaram também a influência da rugosidade na alteração do ângulo de contato e o efeito do "Tapete de Fakir".

GONÇALVES (2004) destaca ainda que a retenção de bolhas de ar na interface argamassa/substrato ocorre não somente pelo emprego de aditivos incorporadores de ar na constituição da argamassa, mas também durante o processo de execução do revestimento.

Um exemplo de que a composição da argamassa pode gerar o efeito do tapete de Fakir, por incompatibilidade do deslocamento dessa com as irregularidades da superfície, é apresentado por GARBACZ (2006) que, ao utilizar argamassa de reparo com adição de fibra, observou que esta teve baixa trabalhabilidade (parcialmente devido ao conteúdo de fibra) e por conseguinte não preencheu as irregularidades do substrato formando vazios junto à interface.

2.1.2 Adesão Mecânica

BÉLAIR (2005) ao tratar de reforço em estruturas de concreto, afirmou que a adesão mecânica está fundamentada na penetração do material do reparo (fase líquida) na rugosidade ou nos poros de tamanho suficiente do substrato (fase contínua) agindo como adesivo pela formação de ancoragem mecânica após a cura. Em nível macroscópico, as irregularidades da superfície do substrato, naturais ou criadas por uma preparação da superfície, melhoram a relação para resistir os esforços de tração e cisalhamento (figura 2.7).

EMMONS et al. (1994)[9] apud BÉLAIR (2005) definem este mecanismo de bloqueio sob o nome de "*mechanical interlocking*", em português "intertravamento mecânico", sob a interpenetração mecânica. Quanto maior a aspereza da superfície, mais complexo torna-se o fenômeno e melhor será o potencial de interpenetração que ocorre em locais de interação potencial.

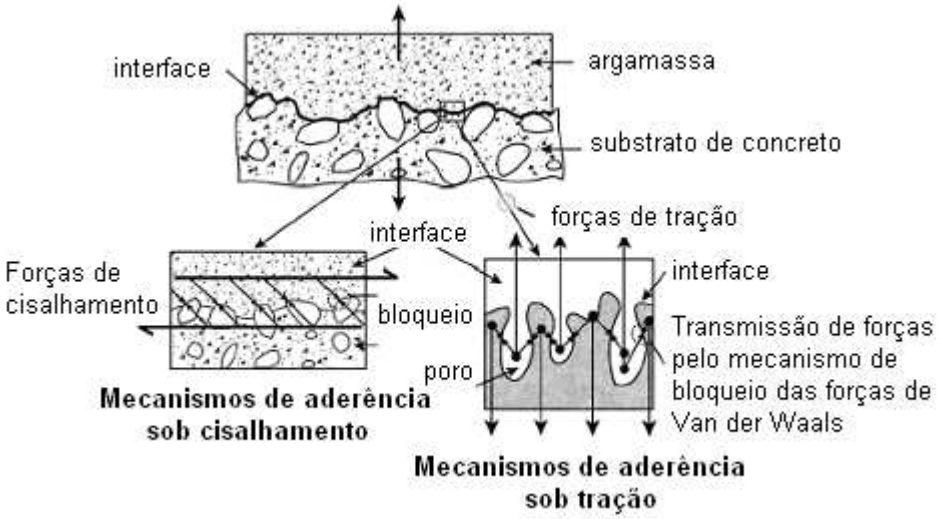


Figura 2.7 – Mecanismos de adesão mecânica.
Adaptado de EMMONS et al. (1994) apud BÉLAIR (2005)

BACKELANDT (2005) ao falar da adesão em meio poroso, salientou que a porosidade e a rugosidade do concreto contribuem para aumentar a área de contato efetiva, favorecendo uma melhor ancoragem mecânica.

PEREZ (2005) destaca ainda que as propriedades reológicas do material a ser aderido ao concreto e a topografia da superfície são os principais parâmetros a serem considerados na adesão mecânica.

Dessa forma, CARASEK et al. (2001) citando outros autores, afirmam que a aderência da argamassa ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação, e à precipitação dos produtos de hidratação do(s) aglomerante(s) exercendo ação de ancoragem da argamassa à base após a cura.

As deficiências de aderência devem-se, muitas vezes, a características desfavoráveis do substrato (VEIGA, 2003). Com efeito, se este for muito liso e compacto (caso do concreto moldado), não há penetração da pasta de aglomerante nos poros do substrato, não se desenvolvendo, portanto, o mecanismo normal de aderência.

2.1.2.1 Influência da Porosidade do Substrato

Das propriedades do substrato, as que exercem maior influência na aderência são a capacidade de sucção de água e a porosidade. Esses fatores estão intimamente relacionados entre si, uma vez que o movimento de água e outros líquidos nos sólidos porosos depende, em grande parte, da microestrutura do material poroso (tamanho efetivo, configuração e distribuição dos poros), além das propriedades dos líquidos, tais como a tensão superficial e a viscosidade (WHITELEY et al., 1978 citado por CARASEK, 1996).

Segundo CINCOTTO apud IOPPI (1995) a aderência se dá pela penetração da pasta do aglomerante nos poros do substrato e endurecimento subseqüente. Conseqüentemente, a interação existente entre o revestimento e a sua base (aderência e absorção inicial) vai depender da textura e da capacidade de absorção da base, bem como da homogeneidade dessas propriedades.

SELMO citado por IOPPI (1995) comenta que a porosidade, que determina a quantidade total de água que pode ser absorvida, e a força capilar, que depende da natureza e dimensões dos poros e determina a velocidade de absorção de água, influem na movimentação higroscópica da base quando afeta a aderência dos revestimentos e deve ser considerada, quando da escolha da composição e da técnica de aplicação das argamassas de revestimento.

[9] EMMONS, P.H. et al. (1994) **Concrete repair in the future turn of the century – Any problems?**, vol. 6, no. 3, pp. 42-49.

No concreto, a fase sólida é constituída pelos agregados e pela pasta. A parte sólida da pasta é formada pelo silicato de cálcio hidratado, pelo hidróxido de cálcio, pelos sulfoaluminatos de cálcio e pelos grãos de clínquer não hidratados. Considerando-se que os agregados possuem baixa permeabilidade, a porosidade do concreto restringe-se à pasta, e na interface entre a pasta e os agregados, variando numa faixa bastante extensa de diâmetros de poros, entre algumas dezenas de angstrons a vários micra (SATO, 1998).

De acordo com PAES et al. (2005), a distribuição dos poros do substrato (diâmetro, estrutura e volume) aliada às suas características superficiais influem na quantidade e velocidade de água transportada para seu interior e, conseqüentemente, na alteração das propriedades da argamassa em contato com a base absorvente. A porosidade das argamassas, aliada à interação com o tipo de substrato sobre os quais estas são aplicadas, em virtude do maior ou menor poder de sucção destes influem diretamente sobre propriedades fundamentais do revestimento, como por exemplo, na resistência de aderência.

Para avaliação da porosidade, é necessário estudar não só o tamanho dos poros, mas a forma na qual eles estão dispostos na pasta de cimento. O tamanho, a distribuição e a interconexão dos poros (que determina a porosidade aberta), constituem-se em fatores de suma importância. A porosidade aberta possibilita o transporte das substâncias e caracteriza a permeabilidade da pasta; por sua vez, o tamanho dos poros interfere na velocidade de transporte de íons no interior do material. O tamanho dos poros na pasta de cimento varia segundo diversas ordens de grandeza e eles podem ser classificados em poros de ar aprisionado (decorrentes do processo de adensamento do concreto) e poros de ar incorporados (quando usados aditivos incorporadores de ar) denominados também de macroporos; poros capilares (oriundos da saída de água livre do concreto) e poros formados entre os produtos de hidratação ou também mesoporos; e poros de gel (devidos à água do gel, principalmente C-S-H), tendo os dois primeiros tipos maior relevância para a durabilidade (Figura 2.8) (CASCUDO, 1994).

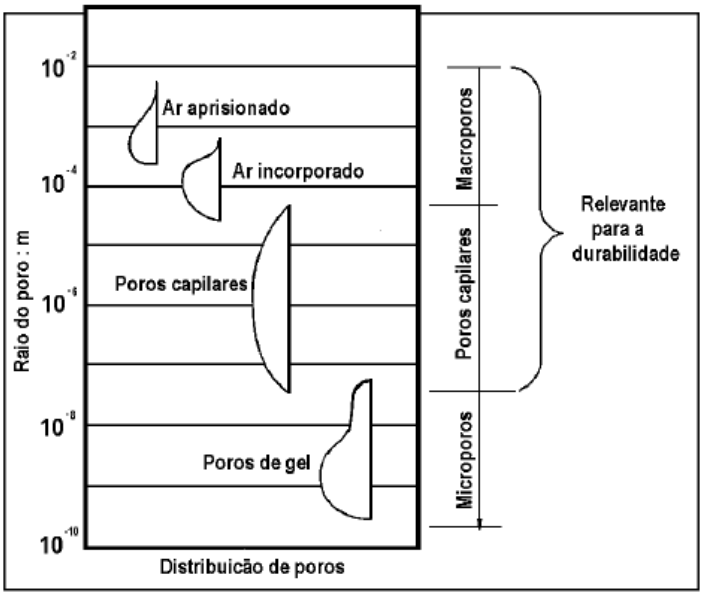


Figura 2.8 – Diferentes formas em que os poros se apresentam na pasta de cimento (SIEBERT, 1986[10] citado por CASCUDO, 1999)

Com relação ao tamanho dos poros, SCARTEZINI (2002) apresenta a Teoria dos poros Ativos que é um modelo, inicialmente proposto pelos pesquisadores do INSA, que sugere a distinção dos poros no sistema argamassa/substrato, de acordo com a sua capacidade de absorção e retenção de água. Os poros ativos são os poros que possuem força capilar suficiente para exercer a ação de sucção de água. Inicialmente, no sistema argamassa/substrato, os poros de um substrato não saturado são na sua maioria poros ativos, pois estão vazios e possuem força capilar necessária para absorver água da argamassa. Da mesma forma, os poros no interior da argamassa podem ser ativos, desde que possuam força capilar maior do que a do substrato

CARASEK (1996), de acordo com Winslow e Liu, cita que os poros da argamassa variam de 0,001 µm até aproximadamente 5 µm e, portanto, os poros do substrato com diâmetro superior a este valor são inoperantes pois não têm força capilar suficiente para vencer os poros da argamassa. GALLEGOS (1995) complementa dizendo que poros inferiores a 0,1 µm não são considerados como poros ativos porque absorvem quantidades insignificantes de água, apesar de possuírem elevada força capilar.

GROOT (1993) apud SCARTEZINI (2002), explica que, imediatamente após o contato argamassa/base absorvente, a água começa a fluir da argamassa em direção à base, até que o equilíbrio seja alcançado entre sucção capilar e as forças físico-químicas de retenção de água da argamassa. Isso faz com que o raio médio dos capilares da argamassa se torne

igual aos capilares da base, interrompendo o fluxo de água por sucção. No momento em que os poros da argamassa passam a ser menores do que os presentes no substrato, há uma inversão de poros ativos e, conseqüentemente, no fluxo.

O comportamento diferenciado de argamassas idênticas, quando aplicadas em tipos distintos de blocos sob mesmas condições de aplicação e mão-de-obra foi observado nas pesquisa de PAES et al. (2005) e também em outras pesquisas (CARASEK 1996, SCARTEZINI, 2002 e GONÇALVES 2004), o que demonstra que a resistência de aderência representa a interação entre ambos os materiais (argamassa e substrato).

No ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio realizado por PAES et al. (2005), por exemplo, foi possível observar diferenças nas estruturas porosas das duas argamassas utilizadas, bem como, distinções entre as regiões em que as amostras foram retiradas. As amostras extraídas da região da interface argamassa/bloco apresentaram poros com diâmetros menores, comparativamente às amostras retiradas da região intermediária do revestimento. Neste caso, segundo o autor, ao retirar água da argamassa, possivelmente, ocorre uma redução da relação água/cimento e, conseqüentemente, uma diminuição da dimensão dos poros.

BÉLAIR (2005) e BACKELANDT (2005) ao falarem da interface do material de reparo com o concreto e de sua porosidade, chamam esta região de Zona de transição (Figura 2.9), justamente por constituir-se de uma região com porosidade diferenciada do substrato e do material subsequente. BELAIR (2005) compara a formação dessa interface com a zona de transição entre a pasta hidratada do cimento e o agregado num concreto, justificando a formação do efeito parede.

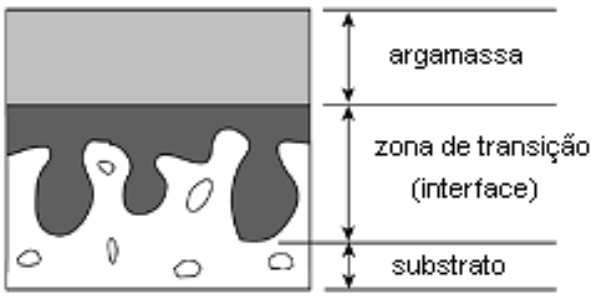


Figura 2.9 –Interface – Zona de Transição
Adaptado de Emmons et al (1994) apud BÉLAIR (2005)

BACKELANDT (2005) mesmo usando resina no reparo do concreto, ao trabalhar com concretos de diferentes relações água/cimento, observou diferença na porosidade da interface e na profundidade dessa zona de transição, de acordo com a penetração do

[10] SIEBERT, O. W. **Application of the rapid-scan potentiodynamic polarization technique for corrosion studies**. In: BABOIAN, R. ed. Electrochemical techniques. Houston, National Association

material nos capilares do substrato. Como se pode-observar na Figura 2.10, (a) representa uma pasta com relação água/cimento de 0,35, com 33% de porosidade, e Figura 2.10 (b), com relação água/cimento de 0,50, com 42% de porosidade, as profundidades da zona de transição (interface) também são diferentes. Na Figura 2.10 (a) a profundidade de penetração da resina é de 130±10µm e na Figura 2.10 (b), a profundidade de penetração da resina é de 190±10µm.

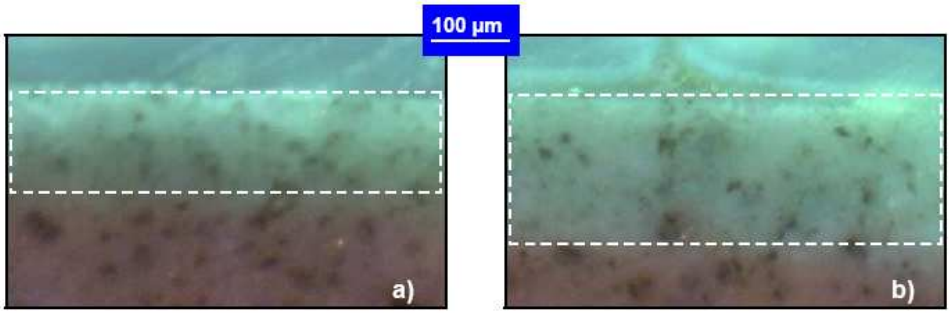


Figura 2.10 – Zona de transição observada em microscópio óptico sob luz ultra-violeta (a) 33% de porosidade, (b) 42% de porosidade. (BACKELANDT, 2005)

O processo de fabricação, a cura e idade irão influenciar na forma e na distribuição dos poros no concreto. Alguns autores (DIAMOND, 1973; AUSKERN & HORN, 1976, BENTUR, 1980 citado por PERCEVAUX, 1984) descrevem a influência dos procedimentos de cura na porosidade da pasta de cimento. Eles relatam que a macroporosidade aumenta com o aumento da temperatura de cura, enquanto a meso (50 µm e 50 nm) e a microporosidade (< 50 nm) diminuem com o aumento da temperatura de cura, sem qualquer alteração na porosidade total. E que, com o aumento do grau de hidratação, a macroporosidade e a porosidade total diminuem enquanto a mesoporosidade aumenta. A resistência e o módulo de elasticidade são afetados pelo volume total de poros, enquanto a permeabilidade é influenciada pelo tamanho, distribuição e continuidade do poro. Acredita-se que vazios capilares maiores do 50 µm, são prejudiciais à resistência e impermeabilidade, enquanto vazios menores do que 50 nm são mais ligados à retração e fissuras por secagem (JUNIOR et al., 2003).

No processo de fabricação pode-se destacar o adensamento do concreto, por vibração, e o tipo de fôrma utilizada, como um dos principais fatores que alteram a distribuição de poros na superfície, e conseqüentemente a sucção capilar, conforme pesquisado por MAADANI (1998).

Para uma dada relação água/aglomerante, a continuidade entre capilares decresce com o progresso da hidratação e parte dos poros capilar fica isolada. Para relações

of Corrosion Engineers, 1986. p.81-92

água/aglomerante menores que 0,5, a evolução da hidratação atinge um determinado ponto em que a continuidade decresce rapidamente, conduzindo efetivamente à descontinuidade da estrutura dos poros capilares (SILVA, 2000 apud JUNIOR et al., 2003).

Várias são as formas propostas pela literatura para estudar a porosidade do concreto, de acordo com JUNIOR et al. (2003). Elas podem ser qualitativas, por meio de ensaios de absorção capilar e permeabilidade, ou quantitativas, por meio de Porosimetria por Intrusão de Nitrogênio (BET), de Porosimetria por Intrusão de Mercúrio (PIM), e mais recentemente, por meio de análise de imagens.

Os autores comentam que os métodos qualitativos, ou seja, a absorção capilar e a permeabilidade, são ensaios laboratoriais comumente realizados, e fornecem uma idéia da dificuldade, ou facilidade, em permitir que o fluido penetre no material. Embora esses métodos envolvam todo um conhecimento dos mecanismos de transporte de fluidos em um material poroso, os métodos de ensaio são simples, e não requerem nenhuma técnica especial para sua avaliação. Já nos ensaios que permitem avaliar os poros em nível microestrutural, são bem mais sofisticados e requerem técnicas e equipamentos especiais.

2.1.2.2 Influência da Rugosidade do Substrato

Diversos autores, dentre eles GONÇALVES (2004), propõem que o travamento mecânico, pela penetração do adesivo nas irregularidades do substrato seja a força principal de atuação na aderência. Alguns trabalhos como CANDIA (1998), SCARTEZINI (2002) e LEAL (2003) citados por (GONÇALVES, 2004) discutem que, ao se aumentar a rugosidade superficial do substrato, pode-se aumentar a força medida na interface.

Nesse âmbito, o pré-tratamento do substrato, no sentido de se obter uma topografia mais rugosa e apropriada à ocorrência da aderência, vem a ser um importante fator de influência. As pesquisas realizadas pelos autores demonstram a preocupação em se verificar a verdadeira influência do tratamento da base na melhoria da aderência em revestimentos argamassados.

Intertravamento mecânico e modificações de ângulo de contato são dois efeitos fundamentais da rugosidade da superfície. O primeiro está relacionado com a "ondulação" da superfície enquanto o segundo é mais influenciado pela "micro-rugosidade": O valor do ângulo de contato feito pelo líquido na superfície sólida é modificado pela rugosidade, de acordo com a relação de Wenzel (GARBACZ, 2006).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ADERÊNCIA

BACKELANDT (2005) classificou a caracterização da aderência, quanto às formas de ruptura: adesiva, coesiva e mista; e às formas de solicitação, onde cita diversos tipos de ensaio, de acordo com o tipo de solicitação, que podem ser realizados nos mais diversos materiais aderidos. Os testes citados pela autora são os seguintes:

- cisalhamento;
- ensaio de arrancamento, que é correspondente ao ensaio para determinação da resistência de aderência;
- ensaio de pele: realizado quando se deseja medir a energia de fratura do substrato aderido a um filme elástico (funciona como se tentasse o descolamento das partes por forças tangenciais a 90º ou 180º).
- ensaio de bolha (blister test), que consiste na introdução de gás ou líquido sob pressão através do substrato previamente perfurado, de forma que uma pressão crítica provoque o descolamento do revestimento;
- ensaio de cunha (wedge test), como o próprio nome diz, consiste em se introduzir uma cunha entre a interface que se deseja avaliar, utilizado em materiais plásticos ou metálicos. Uma adaptação desse ensaio foi realizada para adaptá-lo ao uso de revestimentos hidráulicos sobre concreto.

Nessa pesquisa caracterizou-se a aderência, quanto às formas de ruptura e resistência de aderência, avaliando-se ainda a extensão de aderência.

2.2.1 Resistência de Aderência à Tração

As normas nacionais preconizam o ensaio de resistência à tração como principal forma de avaliação da qualidade da aderência dos revestimentos à superfície, embora a resistência de aderência também possa ser avaliada quanto ao cisalhamento.

Dessa forma, quando o ensaio é realizado diretamente nas superfícies da edificação, a resistência de aderência à tração dos revestimentos é avaliada conforme prescreve a NBR 13528/1995 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Quando o ensaio é realizado em laboratório, deve ser realizado de acordo com a NBR 15258/2005 – Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração, cujo ensaio é realizado em substrato padrão.

A norma NBR 13749 (1995) - Revestimento de Paredes e Tetos em Argamassas Inorgânicas: Especificação - prescreve limites mínimos de resistência de aderência, em função dos locais em que serão aplicadas as argamassas de revestimentos, sejam paredes externas ou internas. A Tabela 2.1 indica essa limitação.

Tabela 2.1 – Limites mínimos de Resistência de Aderência à Tração estabelecidos pela NBR 13749/1995

Local		Acabamento	Resistência de Aderência (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	0,20
		Cerâmica	0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	0,30
		Cerâmica	0,30
Teto		Pintura ou base para reboco	0,20

2.2.2 Formas de Ruptura

De acordo com o *European Mortar Industry Organization* (EMO) pode-se ter dois tipos básicos de ruptura: Ruptura Adesiva e Ruptura Coesiva.

A Ruptura adesiva é a ruptura que ocorre na interface entre a argamassa e o suporte, cujo valor obtido equivale à Resistência de Aderência da interface. Salienta-se que no caso em que existe a camada de chapisco, tem-se duas interfaces: interface argamassa de revestimento/argamassa de chapisco e interface argamassa de chapisco/substrato.

Já a Ruptura coesiva é aquela que ocorre no interior da argamassa (a resistência desta é inferior à do substrato), ou ruptura que ocorre no suporte (onde a resistência da argamassa é superior à do substrato).

As normas brasileiras, não apresentam as rupturas dessa forma. A norma NBR 13528/1995 considera cinco formas de ruptura: (a) ruptura na interface argamassa/substrato; (b) ruptura da argamassa de revestimento; (c) ruptura do substrato; (d)ruptura na interface revestimento/cola; (e) ruptura na interface cola/pastilha. Como se pode observar essa norma não abrange revestimentos contendo a camada de chapisco, pois não considera a ruptura dessa camada, nem em duas interfaces.

Já a norma NBR 15258/2005 considera tanto a argamassa aplicada diretamente no substrato, como argamassa aplicada sobre chapisco, onde considera seis tipos de ruptura. As formas de ruptura são apresentadas na Figura 2.11.

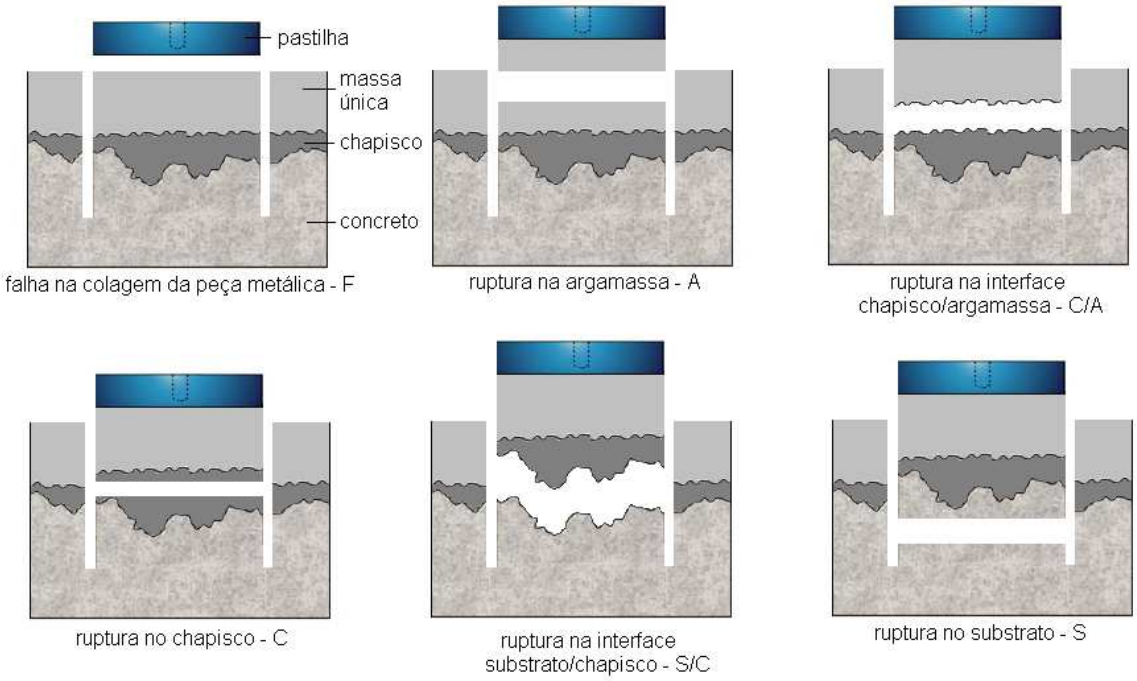


Figura 2.11 –Tipos de Ruptura obtidas no ensaio de Resistência de Aderência à tração

A norma NBR 15258/2005, apesar de considerar o uso da camada de chapisco, considera como substrato a ser utilizado no ensaio, o substrato-padrão, o qual foi projetado, conforme NBR 14082, para ser utilizado na posição horizontal, como recomenda a norma.

Surge então a pergunta: Que norma seguir para ensaios a serem realizados em obra, em estruturas verticais, cujo revestimento é aplicado sobre argamassa de chapisco?

Quanto às formas de ruptura ANTUNES (2005) comentou sobre a palestra ministrada pela pesquisadora BLANCHARD (2003)[11] no V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, em que a pesquisadora informou que durante os ensaios de certificação de sistemas de revestimentos no CSTB - *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (França) -, a forma da ruptura (coesiva ou adesiva) no ensaio de resistência de aderência, chega a ser mais relevante que o valor encontrado para a propriedade.

BACKELANDT (2005) salienta ainda que além das rupturas adesivas e coesivas os corpos-de-prova ensaiados podem apresentar rupturas mistas, ou seja, parte coesiva e parte adesiva.

As normas brasileiras consideram a forma mista de ruptura uma vez que exige que se anote as percentagens de área do corpo-de-prova que obtiveram determinado tipo de ruptura.

2.2.3 Extensão de Aderência

O processo de aderência mecânica, segundo GONÇALVES (2004), é acompanhado por outro fator também preponderante para o desempenho do sistema, a extensão de aderência. Essa extensão é a medida que corresponde à razão entre a área de contato efetiva e a área total possível de ser unida entre a argamassa e uma base porosa. Essa extensão diminui à medida que aumenta a ocorrência de falhas de contato na interface argamassa-substrato.

CARASEK (1996) ao estudar diversos tipos de blocos, constatou que os blocos cerâmicos propiciaram os menores níveis de extensão de aderência, devido às ondulações propositalmente confeccionadas nesses blocos durante a fabricação, tendo em vista que as argamassas muitas vezes não conseguem penetrar bem nessas reentrâncias deixando, por via de conseqüência, vazios na interface (Figuras 2.12 e 2.13).

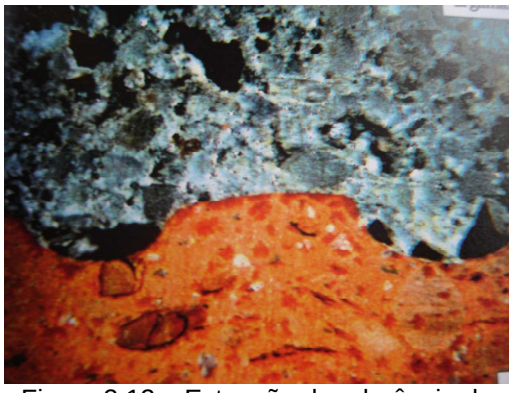


Figura 2.12 – Extensão de aderência da argamassa de revestimento em bloco cerâmico – ampliação de 20 X (CARASEK, 1996)

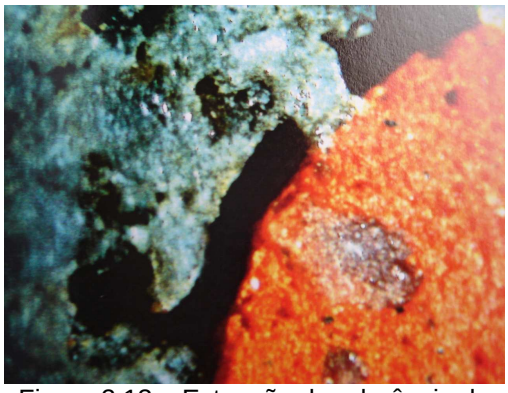


Figura 2.13 – Extensão de aderência da argamassa de revestimento em bloco cerâmico. – ampliação de 60 X (CARASEK, 1996)

Ao analisar o trabalho da autora, GONÇALVES (2004) concluiu que o grau da extensão de aderência é dependente do nível de rugosidade da superfície a ser aderida do substrato, e da trabalhabilidade da argamassa. Uma boa extensão de aderência (maior área de contato) beneficia os mecanismos de aderência, caso a mesma seja contínua e prolongada ao longo de toda a interface argamassa-substrato.

[11] Nadège Blanchard - Responsável pela Divisão de Revestimentos de Fachada do CSTB - *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (França)

3 PARTICULARIDADES DO SUBSTRATO DE CONCRETO

Nesse capítulo são abordadas as principais particularidades do substrato de concreto envolvidas na aderência dos revestimentos em argamassa, tais como o uso do desmoldante, a necessidade de se executar o tratamento superficial e a camada de preparo.

3.1 USO DO DESMOLDANTE

Desmoldantes são produtos que facilitam o processo de desfôrma do concreto. Quando aplicados, deixam uma fina camada oleosa entre as fôrmas e o concreto, impedindo a aderência entre ambos e facilitando a desfôrma. Como conseqüência, o uso adequado dos desmoldantes proporciona também o reaproveitamento das fôrmas e uma melhor aparência final ao concreto (ABBATE, 2003).

Se as fôrmas receberem com muita antecedência o desmoldante em dias quentes, pode ocorrer o escorrimento do produto nas laterais da fôrma, acumulando no fundo. Essa diferença de concentração nas laterais e no fundo das fôrmas pode causar absorção irregular de desmoldante pelo concreto, conforme destacado por ABBATE (2003).

Conforme já comentado no item 2.1.1.1 , se a superfície estiver impregnada com material hidrófugo, o ângulo do contato do fluido será maior que 90° (BICO, 2000), aumentando a tensão superficial e conseqüentemente diminuindo a extensão de contato entre os materiais.

Portanto, podem ocorrer alguns problemas em razão do mau uso e da falta de orientação em relação a aplicação e correta utilização e emprego dos desmoldantes. A aplicação do desmoldante puro pode formar uma camada muito espessa de óleo. Embora propicie uma desfôrma rápida, posteriormente, o excesso que penetra pelos poros do concreto pode deixá-lo hidrófugo, diminuindo a aderência da argamassa.

3.1.1 Tipos de Desmoldantes

De acordo com os produtos disponíveis no mercado, pode-se classificar os desmoldantes em três tipos básicos:

- óleos puros: mineral, vegetal ou animal;
- emulsões: óleos (mineral, vegetal ou animal) ou ácidos graxos emulsionados com água;

- ceras à base de hidrocarbonetos parafínicos.

Os desmoldantes puramente oleosos são adequados tanto para fôrmas de madeira como para fôrmas de metal, por produzirem um filme homogêneo e contínuo. As emulsões, por sua vez, são mais adequadas para a utilização em fôrmas de madeira e as ceras parafínicas para as metálicas. Quanto menos permeável e lisa for a fôrma menor será a quantidade necessária de desmoldante. Atualmente é recorrente o uso de fôrmas plastificadas de baixíssima permeabilidade e extremamente lisas. Nessas, os desmoldantes devem ser corretamente diluídos de forma a evitar a formação de uma espessa película que pode contaminar o concreto (ABBATE, 2003).

Outra prática comum e pouco recomendável, citada por ABBATE (2003), é a utilização de óleo diesel puro ou misturado com desmoldante em forma de cera, podendo ocorrer problemas de aderência caso algum material à base de aglomerantes hidráulicos seja aplicado na superfície do concreto. Além disso, a remoção do óleo diesel é muito difícil, uma vez que o material não é hidrossolúvel.

De acordo com o exposto por ABBATE (2003), de que nem sempre são utilizados produtos específicos para desmoldagem de fôrmas do concreto, achou-se importante fazer-se um breve comentário dos lubrificantes de uma forma geral, ou seja, de aplicações diversas, principalmente do ponto de vista da Engenharia Mecânica, a fim de que se conheçam melhor as propriedades envolvidas.

MENDES (2007) classifica os óleos lubrificantes em duas categorias: Mineral e Sintético. O primeiro pode ser parafínico ou nafténicos, enquanto que o segundo podem ser ésteres, poliglicóis, alquil-benzenos e polialfaolefinas (PAO). Ambos podem conter aditivos modificadores, protetores do óleo ou protetores de superfície. Entre os óleos minerais, a autora destaca que os parafínicos possuem maior índice de viscosidade e densidade menor que os nafténicos.

As propriedades dos lubrificantes sintéticos não serão discutidas, uma vez que estes não são especificamente recomendados para o emprego em fôrmas de concreto, possuindo alto custo e propriedades também específicas de acordo com a utilização.

3.1.2 Remoção do Desmoldante

É necessário remover totalmente os resíduos de desmoldante que ficam aderidos ao concreto e outras partículas que, com o tempo, depositam-se na superfície. De acordo com ABBATE (2003), essa remoção pode ser feita de maneira mecânica (jato de areia seca ou úmida, jato de água quente em alta pressão), química (por meio de escovamento com água e detergente, o que requer lavagem posterior com água ou ar em alta pressão) ou com o

próprio apicoamento do concreto. O apicoamento emprega martelo de pregos ou pistola de agulhas, e requer posterior lavagem com água ou ar em alta pressão.

Outra prática de remoção citada pelo autor, e comumente vista em obras, consiste em escovar levemente a superfície de concreto com uma escova de cerdas de aço. Essa operação permite remover uma fina camada de concreto que esteja eventualmente impregnada com desmoldante. Segundo o autor, lavagens com água pressurizada ou água combinada com algum tipo de abrasão, como escovas de cerdas de náilon, também são eficientes.

Em casos mais extremos, quando há manchas no concreto causadas pelo excesso de desmoldante, o autor propõe duas opções: lavagens com água e sabão alcalino, desde que acompanhadas de escovação, ou a remoção mecânica da camada superficial impregnada por meio de pistola de agulhas ou lixamento. O objetivo deste processo é abrir os poros do concreto para que haja perfeita aderência do revestimento posterior.

Com base nas afirmações acima, verifica-se que a necessidade de se tratar a superfície não é somente para proporcionar uma certa rugosidade à superfície, melhorando a ancoragem mecânica, mas também de se remover o desmoldante impregnado.

3.2 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

De acordo com a norma NBR 8214 (1983) as superfícies lisas, pouco absorventes ou com absorção heterogênea de água devem ser preparadas previamente à execução da camada de regularização, mediante a aplicação uniforme de chapisco no traço 1:3 ou 1:4 (cimento e areia) em volume.

No entanto, a norma não comenta sobre a preparação do substrato antes da execução do chapisco, pois nada adianta ter boa aderência da argamassa de revestimento ao chapisco, se este não for aderente ao substrato.

A baixa porosidade juntamente com a impregnação do desmoldante na superfície do concreto, faz com que para uma boa ancoragem seja necessária a realização de tratamento superficial específico e de maior agressividade.

VEIGA (2003) salienta que para evitar as deficiências de aderência do revestimento em argamassa, é necessário tratar os substratos lisos e pouco porosos, como o concreto, criando rugosidades por meios mecânicos ou usando primers ou chapiscos apropriados, aditivados com resina.

A ocorrência da adesão inicial dependerá tanto das características da porosidade do substrato (velocidade de absorção de água), como de um tratamento prévio que aumente a superfície de contato e/ou a rugosidade entre os materiais, reduzindo a tensão superficial e o ângulo de contato (CORTEZ, 1999).

SILFWERBRAND [1990] apud BELAIR (2005) observou também que a aderência dos reparos em concreto parece ser influenciada pela rugosidade da superfície. Em seu estudo, as superfícies lixadas ofereceram uma aderência melhor do que a hidrodemolição das superfícies, em função da rugosidade gerada por esse tratamento ser menor.

Em comparação com as técnicas de impacto, como o apicoamento, as superfícies lixadas também apresentaram melhor desempenho em função do apicoamento gerar mais danos à superfície. Ao observar as superfícies no microscópio, o autor observou micro-fissuração causada pelo impacto do equipamento de broca pneumática, a qual foi confirmada pela maior absorção, medida no ensaio de absorção capilar.

CABREDO et al. (2003), citando vários autores, salienta que os tratamentos superficiais podem facilitar a difusão de agentes agressivos para o interior do concreto, reduzindo sua durabilidade. O autor atenta ainda para o cobrimento mínimo das armaduras estabelecidos por norma, ou seja, durante a fase de projeto deve ser previsto um cobrimento maior caso o tratamento superficial empregado remova grande quantidade de nata superficial.

GARBACZ (2006) cita que a recomendação para preparação do substrato de concreto é determinada pela norma européia EN 1504-10:2003. Entretanto, essa norma não define exigências para um nível ótimo de rugosidade. Segundo o autor, no âmbito da engenharia civil, a escala millimétrica permite normalmente distinguir-se visualmente os principais tratamentos de superfície.

Portanto, segundo GALECKI et al. (2001, 2006), a seleção deve ser guiada pelos seguintes princípios, de acordo com o método do *International Concrete Repair Institute* - *ICRI*:

- a estrutura a ser revestida não deve ser danificada;
- a armadura não deve ser danificada nem sua ligação com o concreto prejudicada;
- a vibração, o impacto, ou as cargas térmicas aplicadas não devem enfraquecer o concreto.

3.2.1 Tipos de Tratamentos Superficiais

Existem diversos métodos para realizar a preparação da superfície. A escolha por um método depende não somente da importância do trabalho de preparação da superfície e a

textura desejada, mas do tipo de elemento de concreto a ter a superfície tratada (as superfícies verticais, vigas, pilares) e das condições no local de edifício (BÉLAIR, 2005).

SANCHES (2006) em entrevista dada à Comunidade da Construção, ao falar da obra emblemática em São Paulo, citou que nos primeiros pavimentos, a estrutura foi executada com concreto de alto desempenho, com resistência de 50 MPa, ou seja, com baixa porosidade. Devido a essa característica, a fim de garantir aderência da argamassa, foi utilizado martelete para realizar o tratamento superficial.

GALECKI et al (2001, 2006) citam os seguintes métodos para tratar a superfície: limpeza com detergente, lavagem com água sob baixa pressão, limpeza com ácido, lixamento, jato de areia, projeção de esferas metálicas, escarificação, pistola de agulha, hidro-jateamento a alta pressão, queima e fresamento. Os autores salientam que com os tratamentos superficiais pode-se conseguir diferentes rugosidades que variam de poucos milímetros até vários centímetros.

O manual de instruções para tratamento da superfície de concreto de *Sherwin-Williams Company* (2005) estabeleceu diferentes profundidades conseguidas com os diferentes tratamentos superficiais, conforme a tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Profundidades geradas pelos tratamentos superficiais (*Sherwin-Williams Company,* 2005)

Métodos de Tratamentos da Superfície	Perfil de rugosidade*
Limpeza com detergente lavagem com água sob baixa pressão Limpeza com ácido Lixamento	0-3 mils* = 0 - 0,0762 mm
Limpeza com ácido Lixamento Projeção de partículas	4-10 mils* = 0,1016 - 0,2540 mm
Projeção de partículas Escarificação	10-40 mils* = 0,2540 - 1,0160 mm
Projeção de partículas Escarificação Pistola de agulha Hidro-jateamento a alta pressão	50 mils* - 1/8 inch = 1,2700 – 3,1750 mm
Projeção de partículas Escarificação Pistola de agulha Hidro-jateamento a alta pressão queima fresamento/	1/8 – 1/4 inch = 3,175 – 6,3500 mm

* medidas fornecidas em “mil” - milésimo de polegada.

mil = medida linear com 0,001 de polegada (inch) equivalente a 0,0254 mm.

Nos itens que seguem, apresentam-se as técnicas mais utilizadas.

3.2.1.1 Limpeza Química

Consiste no emprego de produtos químicos (detergentes, solventes orgânicos, ácidos e bases) para dissolver e remover, por meio de reações físico-químicas, as sujidades insolúveis (substâncias apolares) ou solúveis (substâncias polares) em água. O uso desses produtos para a dissolução das sujidades compostas por moléculas polares tem por objetivo minimizar a quantidade de água utilizada na limpeza, proporcionando o aumento da eficácia da limpeza (RESENDE (a), 2004).

Segundo JUNIOR (2007), os sabões e detergentes são tensoativos que reduzem a tensão superficial porque suas moléculas têm uma cabeça hidrofílica (com afinidade com a água) e uma cauda hidrofóbica (com pouca ou nenhuma afinidade com a água, mas com afinidade aos óleos e gorduras). A primeira adere às moléculas de água, e a segunda adere às moléculas de gordura ou óleos, como o desmoldante.

Existem também os solventes orgânicos que são utilizados para a remoção de pinturas, óleos, graxas, materiais betuminosos e outras sujidades não solúveis em água. Segundo RESENDE (a) (2004), possuem limitações como grande volatilidade, possibilidade de dissolver e dispersar as sujidades para o interior dos poros e pela maioria ser inflamável e tóxica.

MAILVAGANAM et al. (1998) citam o Trisódio de Fosfato além do uso de detergente, na limpeza do concreto contaminado com óleo, graxa ou sujeira. O uso deste produto, segundo o autor, deveria ser seguido de uma escovação vigorosa e posterior lavagem com água para remover todo o resíduo. O autor salienta ainda que não deveriam ser usados solventes para limpar o substrato de concreto, pois quando não removidos totalmente, acabam se solidificando e posteriormente se dissolvendo, penetrando cada vez mais no concreto.

Os produtos alcalinos atuam como agentes desengraxantes, removendo as mais espessas camadas das sujidades e organismos biológicos. Dessa forma, os produtos cáusticos reduzem a quantidade de água a ser utilizada na limpeza (RESENDE (a), 2004).

RESENDE (a) (2004) salienta que ao se usar a limpeza química, deve-se executar a pré-molhagem da superfície a fim de reduzir a capacidade de absorção, diminuindo a possibilidade da entrada do produto químico em seus poros. Além disso, a aplicação desses produtos deve ser feita com uma broxa, pois a aplicação sob pressão torna mais provável a penetração do produto nos poros. Após a aplicação dos produtos deve-se realizar o enxágüe da superfície.

Os ácidos são utilizados para remover poeiras, sujidades solúveis em água, óleos, graxas e fuligens. Entretanto, a especificação de ácidos para a limpeza deve ser feita somente após a verificação da ineficácia dos outros métodos de limpeza, uma vez que o concreto possui materiais solúveis em ácidos em sua composição (RESENDE, 2004).

Devido ao potencial para a corrosão, o comitê 515 do ACI[12] (*American Concrete Institute*) recomenda que a limpeza com ácido somente seja usada quando nenhum meio alternativo da preparação de superfície puder ser utilizado.

MAILVAGANAM et al (1998) afirmam que o ácido Muriático é relativamente ineficaz na remoção de óleos e graxas. O autor destaca que a limpeza com ácido remove uma grande parcela da pasta de cimento superficial para fornecer uma superfície rugosa, que melhore a ligação entre o substrato e a camada subseqüente.

Cabe destacar que é recomendado saturar a superfície previamente à aplicação de produtos ácidos, a fim de que este não penetre nos capilares e permaneça no interior do concreto após o término do tratamento da superfície.

JÚLIO (2004) citando AUSTIN et al[13]. Afirmou que alguns pesquisadores que utilizaram o método de limpeza com ácido para preparar a superfície, não podem garantir a completa remoção dos resíduos dos produtos empregados.

3.2.1.2 Escovamento

O tratamento superficial por escovação pode ser realizado manual ou mecanicamente. A escovação manual (Figura 3.1) é realizada com escova de cerdas de aço e é indicada para locais de fácil acesso e superfícies de pequenas dimensões, pois possui baixa produtividade. Não requer mão-de-obra especializada nem instalações específicas (HELENE, 1992).

A escovação mecânica (Figura 3.2) possui a vantagem de proporcionar maior produtividade, mas deve-se tomar o cuidado de não polir a superfície, gerando um efeito contrário ao desejado, que é de se obter uma superfície rugosa.

Este método, segundo BOYER (1986)[14] citado por RESENDE (2004), atua como auxiliar dos métodos de limpeza com água e química.

---

[12] ACI Committee 515, “A Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective, and Decorative Barrier Systems for Concrete (ACI 515.1R-79),” American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1979 (Revised 1985), 44 pp.

[13] Austin S, Robins P, Pan Y. **Tensile bond testing of concrete repairs**. Mater Struct 1995; 28: 249–59.

[14] BOYER, D.W. **Masonry cleaning – The state of the art**. In: CLIFTON, J.R. (Ed.). Cleaning stone and masonry. Philadelphia, 1986. p. 25-51.

Após a escovação, manual ou mecânica, deve ser efetuada a lavagem da superfície, por hidrojateamento, para a total remoção da poeira, gerada pela técnica, e abertura dos poros da superfície.

Figura 3.1 - Escovação Manual (Comunidade da Construção, 2005)

Figura 3.2 – escovação mecânica (JÚLIO, 2004)

3.2.1.3 Lixamento

O lixamento da superfície também pode ser realizado manual ou mecanicamente. Da mesma forma que na escovação, o lixamento manual é indicado para superfícies reduzidas. Dispensa equipamentos pesados, mas exige controle criterioso para se obter o acabamento desejado da superfície (HELENE, 1992).

O *International Concrete Repair Institute* (ICRI, 2007) define a técnica de lixamento como a remoção de camada fina, de depósitos minerais, ou de saliências em uma superfície de concreto, com a rotação de pedras ou discos abrasivos sob pressão paralelos à superfície.

No lixamento mecânico utiliza-se um disco diamantado de lixa acoplado a uma lixadeira eletromecânica, provida de coletor de poeira, pois provoca elevado grau de poeira no ambiente.

A figura 3.3 apresenta o lixamento mecânico utilizado em pavimento de concreto.

Figura 3.3 - Lixamento Mecânico (Wyoming Department of Transportation, 2006)

3.2.1.4 Apicoamento

A técnica de apicoamento consiste em lascar a superfície do concreto, manual ou mecanicamente, de forma a remover a nata superficial, obtendo-se uma superfície rugosa, com certa exposição dos agregados. Pode ser parcial, onde a remoção superficial ocorre em pontos espaçados, ou realizada na totalidade da superfície. Quando manual, pode ser realizada com talhadeira, marreta, ponteira ou martelo (Figura 3.4). Na execução mecanizada é utilizado martelete pneumático ou eletromecânico. Os marteletes podem ser utilizados com diferentes ponteiras, dependendo do tipo de acabamento que se deseja obter na superfície.

MENDEZ et al. (2003) ao compararem o apicoamento parcial (Figura 3.5) com uma nova técnica, apresentaram as desvantagens e destacaram que além de poder danificar o concreto, o apicoamento parcial gera uma superfície com características que podem diferir de uma região para outra, devido a variabilidade da energia aplicada, do espaçamento entre os pontos e profundidade de ação. No entanto, apesar de ser um procedimento de baixo rendimento e de apresentar as desvantagens mencionadas, o autor obteve um aumento aproximado de 23% de área superficial. No estudo experimental dos autores, foram geradas superfícies com densidade média de 177 cavidades /m², e as dimensões médias de cada cavidade são 25 mm de diâmetro e profundidade média de 6 mm, com uma distância média entre cavidades de 70 mm.

Figura 3.4 – Apicoamento manual realizado em obra em Porto Alegre

Figura 3.5 – Superficie parcialmente apicoada (MENDEZ et al., 2003)

JÚLIO (2004) também testou o apicoamento parcial (Figuras 3.6 e 3.7). Ao comparar esse tratamento com a escovação, a superfície parcialmente apicoada resultou valores de resistência de aderência inferiores. Segundo o autor, este resultado pode ser explicado pelo fato de que a maior parte da superfície não foi tratada, não gerando rugosidade.

Figura 3.6 – Apicoamento parcial mecanizado. (JÚLIO, 2004)

Figura 3.7 – Superficie apicoada parcialmente (JÚLIO, 2004)

Portanto, de acordo com as pesquisas realizadas pelos autores supracitados, deve-se considerar que a melhor prática dessa técnica, para se obter uma superfície suficiente rugosa, é adotar técnica de apicoamento total. No entanto, MAILVAGANAM et al. (1998) salientam que esta técnica não é muito eficiente em concreto densos e resistentes, pois o equipamento acaba por deslocar-se sem causar abrasão, não gerando rugosidade adequada.

Dessa forma, CABREDO et al. (2003) ao estudarem a influência de diferentes tratamentos superficiais nas propriedades do concreto, utilizaram a técnica de apicoamento total, utilizando a ponteira adequada (Figura 3.8) gerando rugosidade uniforme em toda a superfície e expondo os agregados conforme pode ser visualizado na figura 3.9. Como o objetivo do autor era verificar a integridade do concreto e não a aderência de uma camada posterior, e as pesquisas realizadas para avaliar a aderência empregaram o apicoamento parcial, provando não ser o tratamento mais indicado por manter regiões não tratadas, verifica-se a necessidade de se testar, quanto à aderência, a superfície totalmente apicoada.

Figura 3.8 – Ponteira utilizada no equipamento para apicoamento total (CABREDO et al., 2003)

Figura 3.9 – Superfície totalmente apicoada (CABREDO et al., 2003)

3.2.1.5 Projeção de Partículas Abrasivas

A limpeza por abrasão seca consiste na projeção de materiais de características abrasivas sobre o substrato, utilizando ar pressurizado. Esses materiais ao colidirem com as partículas da sujidade exercem uma força sobre estas, possibilitando a quebra da aderência entre essas partículas e o revestimento (RESENDE, 2004 (a)).

ICRI (2007) cita que os métodos geralmente usados incluem o jato de areia, projeção de esferas metálicas e jato de água a alta pressão[15].

JÚLIO (2004) ao testar diferentes tratamentos superficiais, testou também o jato de areia (Figuras 3.10) e este foi o tratamento que proporcionou os melhores resultados de resistência de aderência quando comparado com a escovação e o apicoado, pois, segundo o autor, apesar da superfície não ficar demasiadamente rugosa, os agregados ficaram expostos (Figuras 3.11).

Figura 3.10 – Jateamento de areia (JÚLIO, 2004)

Figura 3.11 – Superfície após tratamento com jato de areia (JÚLIO, 2004)

MAILVAGANAM et al. (1998) cita como desvantagem do método de jato de areia a seco, a poeira gerada e a limpeza do local após o tratamento. Principalmente porque a poeira contendo partículas de cimento é prejudicial à saúde do operador.

Portanto, a utilização do abrasivo com água, na forma de lama, visa minimizar a produção de poeira. No entanto, segundo RESENDE (2004 - a), a água gera um “amortecimento” da colisão entre as partículas abrasivas, diminuindo a abrasão, o que pode reduzir a rugosidade.

No tratamento superficial onde o abrasivo é a água (Figura 3.12), pode-se utilizar a água sob pressão fria ou quente. A lavagem a quente consiste na projeção de vapor ou água quente com temperatura variando entre 80ºC e 140º C (RESENDE, 2004 - a). A projeção de água sob pressão geralmente é utilizada como auxiliar em outros tratamentos e permite

[15] Segundo RESENDE (2004) a aplicação de água sob pressão também é considerada abrasiva.

remover as partículas aderidas nas rugosidades da superfície ou substâncias gordurosas. O aspecto final da superfície e a qualidade da remoção de partículas, pó ou desmoldante, irá depender de diversos fatores, tais como: pressão e vazão do equipamento, tipo de bico (Figura 3.13), ângulo do jato de água e temperatura da água (RESENDE, 2004). Em relação à vazão, o autor afirma que uma maior quantidade de massa (maior vazão) atingindo a superfície, permite um maior potencial de limpeza. A ASTM E1857 afirma que para a obtenção de uma limpeza mais eficiente deve-se utilizar equipamentos capazes de fornecer uma vazão de 15 a 30 l/min.

Figura 3.12 – Lavagem por hidrojateamento (GARCIA, 2006)

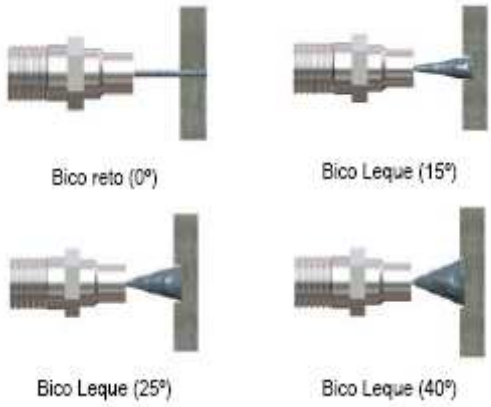


Figura 3.13 Tipos de bico de equipamento de hidrojato (RESENDE (b), 2004)

MAILVAGANAM et al. (1998) afirmam que o equipamento de hidrojato pode ser usado nas aplicações que variam da remoção da nata superficial à hidrodemolição do concreto, com profundidades de até 30 mm. A pressão da água, a velocidade com que se desloca o bocal e a velocidade da máquina, que pode ser ajustada, controlam a profundidade de remoção. O jato forte de água forma sulcos e a pressão da água quebra o concreto entre os sulcos. Este método é muito eficaz quando usado como uma etapa final na preparação de superfície. Sua limitação principal é o acúmulo e a eliminação da lama gerada.

Apesar de BÉLAIR el al (2003) afirmarem que a hidrodemolição parece não trazer um aumento significativo nas resistências de aderência, para GALECKI et al. (2006) os hidrojatos podem com sucesso competir com todas as ferramentas mecânicas usadas para proporcionar rugosidade.

GALECKI et al. (2006) salientam que o equipamento deve prover de bocal com diâmetro ajustado com a velocidade do jato em função da pressão, o que determinará a energia dada à zona da colisão em uma superfície de concreto. Ajustando-se um ou outro parâmetro, o desempenho do hidrojato pode ser controlado. Em sua pesquisa, o autor utilizou bocais de diâmetros pequenos, que dão baixa descarga, em função de ser mais fácil de trabalhar e

mais econômico em termos ambientais, pois evita o desperdício de água em função da menor quantidade de água utilizada.

O autor destaca ainda que a relação entre a velocidade transversal e a velocidade rotatória do bocal afetam a textura produzida, bem como o tempo de contato entre o hidrojato e a superfície de concreto, a distância do jato e a pressão do equipamento. Alterando esses parâmetros o autor conseguiu variar a textura da superfície, o que foi verificado através do Índice de Aspereza (Ia), que é um parâmetro de rugosidade.

Como exemplo, na Tabela 3.2 são mostrados os parâmetros de alguns corpos-de-prova, que são mostrados na Figura 3.14.

Tabela 3.2 – Índices de aspereza para diferentes combinações de parâmetros do equipamento de hidrojato (GALECKI et al, 2006)

Corpo de prova	Pressão (MPa)	Bocal (mm)	Velocidade rotacional (RPM)	Índice de aspereza (Ia)
3	140	0,1	210	11,5
7	210	0,1	2160	11,1
8	210	0,1	360	15,0
9	210	0,1	360	14,8
13	140	0,1	210	13,1
15	70	0,1	360	9,7

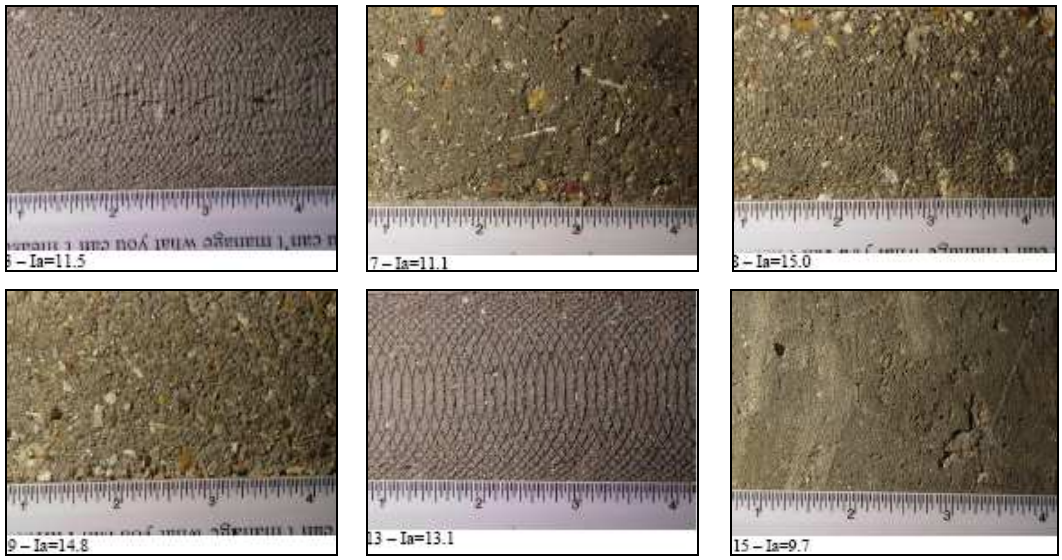


Figura 3.14 – Superfícies de diferentes rugosidades obtidas por hidrojateamento (GALECKI et al, 2006)

3.2.1.6 Tratamentos Superficiais Alternativos

MENDEZ et al. (2003) propuseram um novo método que consiste na aplicação de lâminas de plástico que contém esferas de ar (plástico-bolha) aderidas à forma com a utilização de colchetes industriais (Figura 3.15). Após a desforma (Figura 3.16) o concreto obtém uma superfície rugosa, com cavidades com 13 mm de diâmetro e 5 mm de profundidade, que

garantem a ancoragem da argamassa de chapisco. A densidade de cavidades era de 4.200/m², o que gerou um aumento de aproximadamente 59% de área de contato.

Figura 3.15 – Fôrma com o plástico pronta para o lançamento do concreto (MENDEZ et al., 2003)

Figura 3.16 – Superfície após a desfôrma (MENDEZ et al., 2003)

O autor chamou essa técnica de *RUGOPLAST* e cita como vantagens dessa técnica, além do aumento na resistência de aderência comparado com o apicoamento parcial, a redução no tempo de execução; limpeza das fôrmas; maior durabilidade das fôrmas; redução de mão-de-obra; eliminação do uso de desmoldante; não danifica o concreto; aumento da retenção de umidade; evita perda de água pelas fôrmas; não gera ruídos nem poeira.

CABREDO et al. (2003) estudaram a influência do Retardador de Pega de Superfície que deixa o agregado exposto (Figura 3.17). Como tratamento superficial, ao compararem esse tratamento com o jato de areia e o apicoado total, verificaram que o retardador de pega foi o que menos danificou a superfície.

Esse método consiste basicamente num método não destrutivo, cujo retardador de pega é aplicado na fôrma previamente ao lançamento do concreto, que posteriormente é lavado com hidro-jato, removendo a nata superficial, deixando o agregado exposto.

Figura 3.17 – Superfície com agregado exposto pelo uso de retardador de pega de superfície (CABREDO et al, 2003)

De acordo com o exposto por CABREDO et al. (2003), esse método proporciona uma boa rugosidade sem danificar o substrato, no entanto, não foram feitas pesquisas até o momento

para verificar se tal técnica é adequada para garantir uma boa aderência de camada subsequente.

3.3 CAMADA DE PREPARO - CHAPISCO

Após o tratamento superficial do substrato, que melhora a rugosidade, a base deve ser preparada ainda quanto à absorção. Nesse sentido, a primeira camada de argamassa é chamada de preparação da base, mais conhecida no Brasil como chapisco, que tem por finalidade, através de uma camada de ancoragem, melhorar a aderência do revestimento ao substrato, constituindo-se assim em um conjunto de características homogêneas (CORTEZ, 1999).

Dessa forma, a norma européia EN 998-1 (ECS, 1993) define sistema de revestimento como sendo uma seqüência de camadas combinadas ao substrato ou um sistema de uma ou múltiplas camadas, as quais incluem o possível uso de uma armação de reforço e/ou um pré-tratamento (GONÇALVES, 2004).

O chapisco deve ser escolhido em função das características superficiais da base e executado usando materiais e técnicas apropriadas para efetivamente melhorar as condições de aderência do revestimento à base, principalmente criando uma superfície com rugosidade apropriada e regularizando a capacidade de absorção inicial da base. (CANDIA, 1998)

Nesse sentido, CANDIA (1998) denomina “preparo de base” às diferentes atividades previamente realizadas à aplicação da camada de revestimento, quando as características do substrato (absorção, porosidade e rugosidade) são inadequadas para promover uma aderência satisfatória entre o substrato e a camada de revestimento.

Segundo AZEREDO apud DUBAJ (2000) a finalidade do chapisco é de proporcionar condições de fixação em superfícies lisas e de pouca porosidade, melhorando sua aderência e funcionando como argamassa de suporte para o emboço. Nesse sentido, CANDIA (1998) e CORRÊA apud CORTEZ (1999) afirmam que há obrigatoriedade em se preparar a base quando existe limitação na capacidade de aderência em revestimentos sujeitos à ações de maior intensidade e em superfície lisas, como as de concreto, onde os autores sugerem o uso de polímeros diluídos no chapisco, para garantir a adesão inicial ao substrato.

CANDIA (1998) analisando a influência do preparo da base nas resistências de aderência, concluiu que em substrato de estrutura de concreto, as maiores resistências de aderência

foram obtidas quando a superfície foi preparada tanto com chapisco comum, como com chapisco industrializado. Recomendando-se assim que, nos substratos de estrutura de concreto, efetue-se o preparo da base com chapisco para dessa maneira melhorar as características superficiais, tanto de absorção inicial como de rugosidade, e com isso as resistências de aderência.

Para cada tipo de substrato e condições de rugosidade e absorção existe o tipo de chapisco mais adequado. Normalmente são utilizados chapiscos diferentes em bases diferentes (estrutura e alvenaria).

De acordo com o Módulo 7 do DTC (1997)[16] comentado por DUBAJ (2000), além de superfícies com capacidade limitada de aderência, o chapisco deve ser utilizado em revestimentos externos, pois estes são sujeitos à ações mecânicas de maior intensidade na interface base/revestimento, exigindo maior capacidade de aderência.

Esse mesmo autor conclui que dessa forma, os requisitos essenciais para o chapisco são a aderência, resistência e durabilidade. A aderência, principal requisito, é obtida pelo alto teor de cimento no traço e pela técnica de execução. O alto teor de cimento, além de conferir resistência, favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, aumentando a ancoragem. Quanto à técnica de execução, a aspersão enérgica e a fluidez da argamassa são fatores fundamentais. A areia a ser utilizada deve ter granulometria média a grossa, sendo responsável quase que totalmente pela aspereza, complementa o autor.

A superfície que irá receber o chapisco deverá ser previamente umedecida, quando for de alvenaria, pois esta absorve parte da água de amassamento. No entanto, se a superfície for de concreto, este procedimento não é necessário, pois o concreto absorve menos água.

Segundo LEJEUNE (1985), citado por CÂNDIA (1998), o preparo da base é realizado com uma argamassa de alto teor de cimento e água. Com essas características a argamassa apresenta uma consistência fluída, o que evita a desagregação da argamassa pela alta sucção do substrato e pelas condições climáticas adversas do local da obra. Nessas condições, pode faltar água para completar o processo de hidratação do cimento durante a pega e, como conseqüência, ocorre a desagregação da argamassa do preparo da base.

No entanto, esses chapiscos com alta proporção de água, relação água/cimento (a/c) entre 1 e 3, não podem ser utilizados em substratos com baixa porosidade, como no caso das estruturas de concreto, pois pode ocasionar um descolamento em placa de todo o revestimento, similar ao “efeito parede” na interface chapisco/concreto, reduzindo a aderência, conforme exemplificado na figura 3.18 (SILVA, 2004).

[16] DTC – Tecnologia e desenvolvimento S/C Ltda. **MÓDULO 7**. Sinduscon -Goiânia, 1997.

Figura 3.18 – Descolamento em placa, similar ao “efeito parede” na interface chapisco/concreto (SILVA, 2004).

Com base no exposto acima, SILVA e LIBÓRIO (2005) utilizaram em suas pesquisas, feitas com substrato de concreto, para o chapisco, traço em massa de 1:2 (cimento e areia), relação água/cimento menor que 0,50, com consistência de 270mm ±10mm, com espessura média de 5 mm.

NASCIMENTO et al. (2005) mostraram que após a realização do ensaio de resistência de aderência à tração, na superfície de concreto onde foram aplicados dois tipos de argamassa de chapisco, os comportamentos frente à aderência foram diferentes. Na superfície de concreto com chapisco de cimento CPIII RS-32, 0:1 (adesivo:água), a impregnação do chapisco, remanescente após a realização do ensaio de aderência, foi praticamente nula, enquanto que na superfície de concreto sob chapisco de cimento CPV ARI PLUS com sílica ativa, 0:1 (adesivo:água), a superfície do concreto após o ensaio de arrancamento, ficou praticamente toda coberta pelo chapisco.

3.3.1 Chapisco Convencional:

Consiste em uma mistura de cimento, areia grossa e água, feita geralmente com o traço de 1:2 a 1:4 (em volume, areia úmida), de consistência fluida, lançada energicamente com colher de pedreiro contra a superfície a ser revestida (Figura 3.19). Deve-se permitir a cura do chapisco durante, pelo menos, três dias antes da aplicação da camada de regularização.

Figura 3.19 – chapisco convencional (CEOTTO et al., 2005)

3.3.2 Chapisco Rolado

Consiste em uma mistura de cimento, areia média, resina PVA e água, de consistência fluida, aplicada sobre a superfície a ser revestida com rolo para textura acrílica, em 3 demãos, de acordo com CEOTTO et al. (2005). Seu uso é mais indicado para alvenaria, podendo também ser utilizado em estrutura de concreto internamente. A superfície resultante deve ser rugosa e porosa (Figura 3.20).

Figura 3.20 – chapisco rolado (CEOTTO et al., 2005).

3.3.3 Chapisco Industrializado

Tipo de chapisco indicado apenas para bases de concreto, devido ao alto consumo, o que eleva o custo. Consiste na aplicação de argamassa adesiva sobre a superfície a ser revestida, com desempenadeira denteada (6 x 6 mm). De acordo com CEOTTO (2005), deve-se permitir a secagem da argamassa por, pelo menos, 7 dias, para posterior aplicação da camada de regularização (Figuras 3.21 e 3.22).

Figura 3.21 – chapisco industrializado.
(CEOTTO, et al., 2005)

Figura 3.22 – chapisco industrializado.
(Comunidade da Construção, 2005)

Quanto ao uso da desempenadeira na aplicação do chapisco industrializado, não foram encontrados estudos a respeito da forma e tamanho adequados à aplicação de chapisco. Somente estudos envolvendo argamassas colantes, tais como FIORITO (1994) foram encontrados.

4 CARACTERIZAÇÃO DAS SUPERFÍCIES

Nesse capítulo são abordadas a rugosidade e a sucção capilar como caracterização das superfícies de concreto. No item 4.1, são apresentados os principais parâmetros de rugosidade bem como as principais técnicas empregadas para obtê-los.

4.1 RUGOSIDADE

Superfícies reais, por mais perfeitas que sejam, apresentam particularidades que são uma conseqüência do método empregado em sua obtenção, por exemplo: fresamento, retífica, lapidação, apicoamento, lixamento, entre outros. As superfícies assim produzidas apresentam-se como um conjunto de irregularidades, com espaçamento regular ou irregular e que tendem a formar um padrão ou textura característicos em sua extensão. A rugosidade é formada por sulcos ou marcas deixadas pelo agente que atacou a superfície no processo (ferramenta, partículas abrasivas, ação química, entre outros) e se encontra superposta a um perfil de ondulação provocado por deficiência nos movimentos do equipamento empregado, deformação, tensões residuais, ou até mesmo pela variação de pressão exercida sobre a ferramenta utilizada (GONZÁLEZ, 1998[17] apud SILVA, 2006).

No caso de materiais cimentícios, as irregularidades na superfície podem ser geradas pela fôrma, pela vibração e conseqüente migração das bolhas de ar para a superfície, no caso do concreto, e em argamassas pelo desempeno, deformações durante a cura, entre outros.

Segundo SILVA (2002), embora seja possível reproduzir tridimensionalmente uma porção da superfície, o mais comum é encontrar representações em duas dimensões, denominadas de perfis. Na verdade, para a maioria dos instrumentos de medição da textura, a representação tridimensional é obtida através de alinhamentos de um número finito de perfis paralelos e adjacentes. Quanto maior o número desses perfis, melhor será a representação tridimensional da superfície.

4.1.1 Conceitos Básicos

No Brasil, os conceitos de rugosidade superficial são definidos pela norma NBR ISO 4287/2002 - Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade. Essa norma define sistema de avaliação,

[17] GONZÁLEZ, Ricardo V. B. **Rugosidade Superficial – Uma abordagem prática**. Mitutoyo, São Paulo, 1998.

termos e conceitos relativos à rugosidade de superfície, procedimentos de avaliação por meio de instrumentos apalpadores elétricos e classificação da rugosidade por meio de parâmetros padronizados.

De acordo com a norma, perfil é a intersecção da superfície com um plano perpendicular a ela. O perfil, assim como a superfície, também pode ser classificado como geométrico, real ou efetivo, dependendo da superfície da qual ele foi obtido. A figura 4.1 apresenta a representação da superfície real e Geométrica, e do perfil geométrico e real, e a Tabela 4.1 apresenta as definições das superfícies e dos perfis obtidos a partir delas.

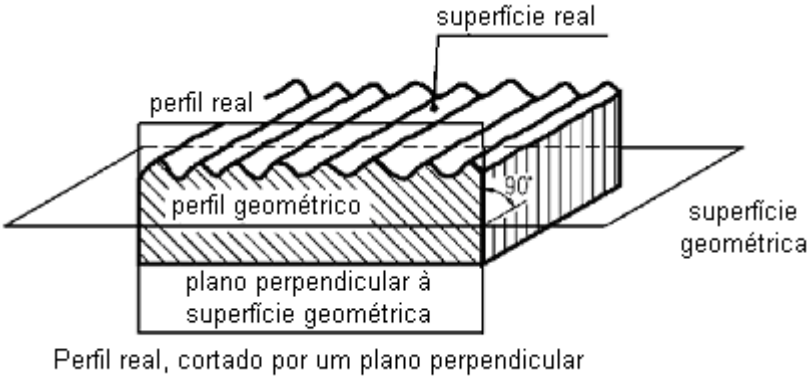


Figura 4.1 – Superfície Real e Geométrica e Perfil Geométrico e Real (ROSA, 2007)

Tabela 4.1– Superfícies e Perfis: definições

	Geométrico (a)	Real	Efetivo (a)
Superfície	Superfície ideal prescrita no projeto, na qual não existem erros de forma e acabamento. Por exemplo: superfícies plana, cilíndrica etc., que sejam, por definição, perfeitas. Na realidade, isso não existe; trata-se apenas de uma referência.	Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve. É a superfície que resulta do método empregado na sua produção. Por exemplo: torneamento, retífica, ataque químico etc. Superfície que se pode ver e tocar.	Superfície avaliada pela técnica de medição, com forma aproximada da superfície real de uma peça. É a superfície apresentada e analisada pelo aparelho de medição. Existem diferentes sistemas e condições de medição que resultam diferentes superfícies efetivas.
Perfil	Intersecção da superfície geométrica com um plano perpendicular. Por exemplo: uma superfície plana perfeita, cortada por um plano perpendicular, originará um perfil geométrico que será uma linha reta.	Intersecção da superfície real com um plano perpendicular. Neste caso, o plano perpendicular (imaginário) cortará a superfície que resultou do método empregado que gerou a rugosidade e originará uma linha irregular	Imagem aproximada do perfil real, obtido por um meio de avaliação ou medição. Por exemplo: o perfil apresentado por um registro gráfico, sem qualquer filtragem e com as limitações atuais da eletrônica.

A figura 4.2 representa uma superfície e seu perfil efetivo, mostrando os elementos que compõem a textura superficial, decompondo o perfil.

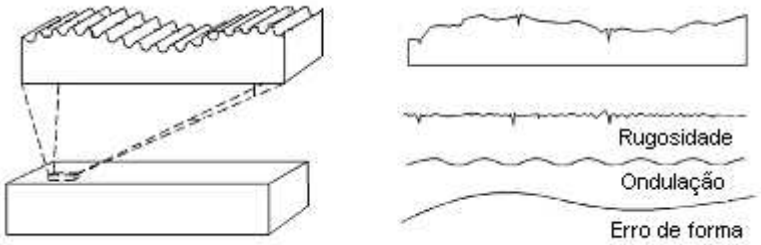


Figura 4.2 – Elementos que compõe um perfil de uma superfície (ROSA, 2007)

Palma (2006) define rugosidade superficial ou textura primária como o conjunto das irregularidades causadas pelo processo de produção, ou o conjunto das irregularidades repetidas em ondas de comprimento semelhantes à sua amplitude.

Ondulação ou textura secundária é o conjunto das irregularidades causadas por vibrações ou deflexões do sistema de produção ou do tratamento térmico (ROSA, 2007), ou ainda, é o conjunto das irregularidades repetidas em ondas de comprimento bem maior que sua amplitude. A freqüência destas ondas é pequena (PALMA, 2006).

Quando se mede a rugosidade, geralmente o equipamento utilizado fornece o perfil composto da rugosidade e das ondulações. Para a medição da rugosidade, esta deve ser separada da ondulação e dos desvios macro-geométricos. Esta separação é realizada através da filtragem. Um filtro de rugosidade separa o perfil de rugosidade dos demais desvios de forma (PALMA, 2006).

BÉLAIR (2005) ao avaliar a rugosidade de superfícies de concreto explica que após a filtragem é possível distinguir a microrugosidade da macrorugosidade. Conseqüentemente, o perfil completo é a composição do perfil de Forma (ondulação) e o perfil Macro. O perfil de Forma representa as irregularidades do acabamento ou da inclinação da superfície, visto que o perfil Macro se refere à macrorugosidade gerada pela preparação da superfície. Para o estudo da rugosidade do concreto e de sua influência na aderência da camada subseqüente, os parâmetros devem ser avaliados a partir do perfil Macro (Figura 4.3).

De acordo com ROSA (2007) são usados dois sistemas básicos de medida: o da linha média, ou *Sistema M*, e o da *Envolvente E*[18]. O sistema da linha média é o mais utilizado. Alguns países adotam ambos os sistemas. PALMA (2006) também comenta que o sistema da linha média é o mais utilizado no Brasil, em função de ser o sistema adotado pela norma NBR ISO 4287/2002. O autor acrescenta ainda que além do Brasil, os EUA, Inglaterra,

[18] Este sistema baseia-se em linhas envoltórias descritas pelo centro de dois círculos de raios R e r, respectivamente, que rolam sobre o perfil real da peça (PALMA, 2006).

Japão e Rússia também adotam o sistema M. Já Alemanha e Itália adotam o Sistema *E* e a França adota ambos os sistemas.

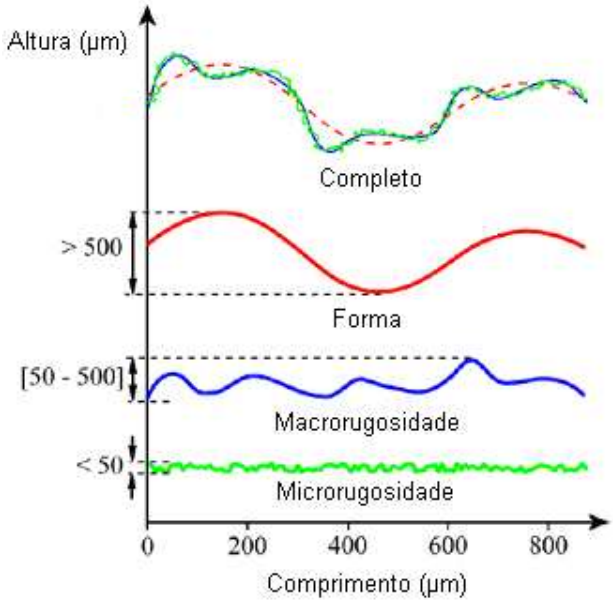


Figura 4.3 – Decomposição de um perfil de superfície (BELAIR, 2005)

ROSA (2007) explica que no sistema da linha média, todas as grandezas da medição da rugosidade são definidas a partir da linha média. A linha média é a linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, de tal modo que a soma das áreas superiores (picos), compreendidas entre ela e o perfil efetivo, seja igual à soma das áreas inferiores (vales), no comprimento da amostragem (L_e) (Figura 4.4). O autor acrescenta ainda que o comprimento de amostragem é geralmente chamado de *Cut-off* .

O *cutt-off* é igual a um quinto do percurso de medição (L_m), ou seja, $L_e = L_m/5$, pois de acordo com a norma ISO 4288 (1996), é recomendado que, para a medição da rugosidade, sejam tomados 5 comprimentos de amostragem (Figura 4.5). O comprimento de amostragem deve ser o suficiente para avaliar a rugosidade, isto é, deve conter todos os elementos representativos de rugosidade. (PALMA, 2006).

No caso do concreto, para que se possa avaliar também a forma, que representa as irregularidades do acabamento ou inclinação da superfície, além da macrorugosidade, gerada pela preparação da superfície, provavelmente deveria-se utilizar um valor de *cutt-of* superior ao valor máximo da norma, que é de 8 mm, o que requereria uma comprimento de percurso de medição mais extenso.

Na Figura 4.5 tem-se a representação dos percursos que compõem o perfil de medição.

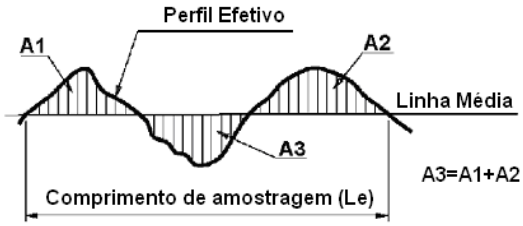


Figura 4.4 – Comprimento de Amostragem (ROSA, 2007)

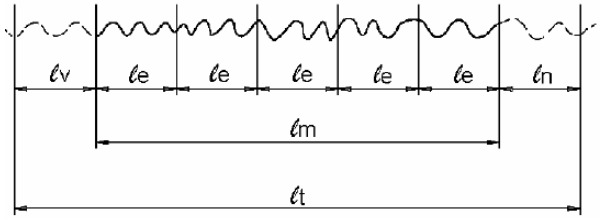


Figura 4.5 – Percurso de Medição e Comprimento de Amostragem (ROSA, 2007)

Como pode-se observar na figura 4.5, tem-se ainda o Percurso Inicial (L_v), que é a extensão da primeira parte do primeiro trecho, projetado sobre a linha média, que não é utilizado na avaliação da rugosidade. Este trecho inicial tem a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas iniciais do sistema de medição e a centragem do perfil de rugosidade. O Percurso Final (L_n) é a extensão da última parte do trecho apalpado, projetado sobre a linha média e não utilizado na avaliação. O trecho final também tem a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas finais do sistema de medição. A soma dos percursos inicial, de medição e final ($L_t=L_v+L_m+L_n$) é chamada de Percurso de Apalpamento (L_t) (PALMA, 2006).

4.1.2 Parâmetros de Rugosidade

MELLO et al. (2002) citando DONG et al. (1994)[19], destacam que existe um surgimento exagerado de parâmetros para perfis de rugosidade em duas dimensões, devido aos fabricantes de instrumentos de medição de rugosidade não definirem parâmetros sistematicamente, e de alguns usuários criticarem os parâmetros propostos por outros usuários, por não poderem caracterizar propriedades da superfície na qual eles estão interessados.

Assim, muitos usuários propõem os parâmetros selecionados nas suas aplicações, criando muitas vezes novos parâmetros. De fato, qualquer conjunto de parâmetros não pode incluir todos os parâmetros que podem descrever a topografia de superfície completamente. Só algumas propriedades topográficas principais relacionadas à geometria, estatística e função devem ser necessariamente descritas (MELLO et al., 2002).

Portanto, a análise de perfis de superfície 3D tem sido muito evidenciada pela indústria e centros acadêmicos, justamente por representar melhor uma superfície, uma vez que todas as superfícies interagem em três, e não em duas dimensões (DONG et al., 1994 apud MELLO et al., 2002).

[19] DONG, W. P., Sullivan, P. J., Stout, K. J. **Comprehensive study of parameters for characterizing threedimensional surface topography.** Wear, 178 (1994) p. 29-43.

No entanto, os parâmetros de rugosidade 3D ainda não estão normatizados e aqui no Brasil a norma NBRISO 4287/2002 estabelece somente parâmetros para análise de perfis de rugosidade em duas dimensões.

A seguir apresentam-se os principais parâmetros utilizados.

4.1.2.1 Rugosidade Média - Ra

O parâmetro Ra é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y_i) dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição (L_m) (Figura 4.6). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (ROSA, 2007)

MELLO et al. (2002) comenta que Ra é um parâmetro de rugosidade universalmente reconhecido, e o mais utilizado, definido segundo DIN 4768 (1990-05) e DIN EN ISO 4287 (1998 - 10). SECCO et al. (2007-a) comenta ainda que esse parâmetro também é conhecido como CLA (C*enter line average*), conforme norma inglesa, sendo expresso em micropolegadas (µin).

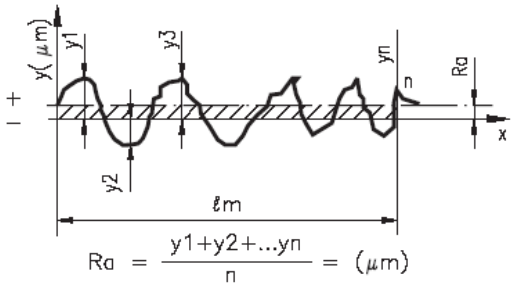


Figura 4.6 – Rugosidade Média - Ra (SECCO (a) et al., 2007)

A norma NBR 8404/1984, de Indicação do Estado de Superfícies em Desenhos Técnicos, esclarece que a característica principal (o valor) da rugosidade, Ra, pode ser indicada pelos números da classe de rugosidade correspondente, conforme tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Classes de Rugosidade de acordo com o parâmetro Ra

Classe de rugosidade	Ra (µm)	Classe de rugosidade	Ra (µm)
N12	50	N6	0,8
N11	25	N5	0,4
N10	12,5	N4	0,2
N9	6,3	N3	0,1
N8	3,2	N2	0,05
N7	1,6	N1	0,025

Observa-se que a norma não contempla classes de rugosidades com rugosidade média superior a 50µm, pois foi idealizada para superfícies metálicas, que caracterizam-se por apresentar micro-rugosidades e não macro-rugosidades como é o caso do concreto.

O parâmetro Ra pode ser usado, de acordo com SECCO (a) et al. (2007), quando for necessário o controle contínuo da rugosidade nas linhas de produção; em superfícies em que o acabamento apresenta sulcos de usinagem bem orientados (torneamento, fresagem, entre outros.) e em superfícies de pouca responsabilidade, como no caso de acabamentos com fins apenas estéticos. PALMA (2006) recomenda principalmente o uso desse parâmetro para superfícies porosas, pois em peças de vedação, pontos isolados individuais podem provocar permeabilidade, já que indica um valor médio da rugosidade.

Na tabela 4.3 têm-se as principais vantagens e desvantagens de se usar esse parâmetro de acordo com SECCO (a) et al. (2007):

Tabela 4.3 – Vantagens e desvantagens do parâmetro de rugosidade Ra

Vantagens do parâmetro Ra	Desvantagens do parâmetro Ra
É o parâmetro de medição mais utilizado em todo o mundo. É aplicável à maioria dos processos de fabricação. Devido a sua grande utilização, quase todos os equipamentos apresentam esse parâmetro (de forma analógica ou digital eletrônica). Os riscos superficiais inerentes ao processo não alteram muito seu valor. Para a maioria das superfícies, o valor da rugosidade nesse parâmetro está de acordo com a curva de Gauss, que caracteriza a distribuição de amplitude.	O valor de Ra em um comprimento de amostragem indica a média da rugosidade. Por isso, se um pico ou vale não típico aparecer na superfície, o valor da média não sofrerá grande alteração, ocultando o defeito. O valor de Ra não define a forma das irregularidades do perfil. Dessa forma, poderemos ter um valor de Ra para superfícies originadas de processos diferentes de usinagem. Nenhuma distinção é feita entre picos e vales. Para alguns processos de fabricação com freqüência muito alta de vales ou picos, como é o caso dos sinterizados, o parâmetro não é adequado, já que a distorção provocada pelo filtro eleva o erro a altos níveis.

Embora seja o parâmetro recomendado por norma e o mais empregado, PALMA (2006) salienta que por Ra ser um valor médio, pode não dar indicação direta do estado da superfície. Em determinadas aplicações específicas pode ser mais útil utilizar outros parâmetros de rugosidade.

De acordo com SILVA (2006) para efetuar a medição do parâmetro Ra existem duas situações diferentes na seleção do valor do comprimento de amostragem, *cut-off*,

dependendo do perfil ser periódico ou não periódico. Quando o perfil é periódico o valor de *cut-off* depende da distância entre os sulcos deixados pelo avanço da ferramenta.

Para perfis onde não se consegue ver a periodicidade da ondulação, tal como acontece nas superfícies de concreto tratadas, utiliza-se os valores de *cut-off* estabelecidos pela norma ISO 4288/1996, conforme apresentado na tabela 4.4.

Tab. 4.4: Determinação do comprimento de amostragem para perfis aperiódicos baseados no parâmetro Ra

Ra (µm)	*Cut-off* (mm) - L_e
0,006 < Ra ≤ 0,02	0,08
0,02 < Ra ≤ 0,1	0,25
0,1 < Ra ≤ 2	0,80
2 < Ra ≤ 10	2,50
10,0 < Ra ≤ 80	8,00

Segundo GONZALEZ (1998) citado por SILVA (2006), para definir o valor aproximado da rugosidade pode-se usar inicialmente um valor de *cut-off* também aproximado (geralmente usa-se o valor 0,8mm).

4.1.2.2 Rugosidade Média - Rz

É a média aritmética dos cinco valores da rugosidade parcial z_i (Figura 4.7). A rugosidade parcial z_i é definida como a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maiores afastamentos (acima e abaixo da linha média) existentes dentro de um comprimento de amostragem L_e (*cut-off*). Graficamente, este valor representa a altura entre os pontos máximo e mínimo do perfil, dentro do comprimento de amostragem L_e. (PALMA, 2006).

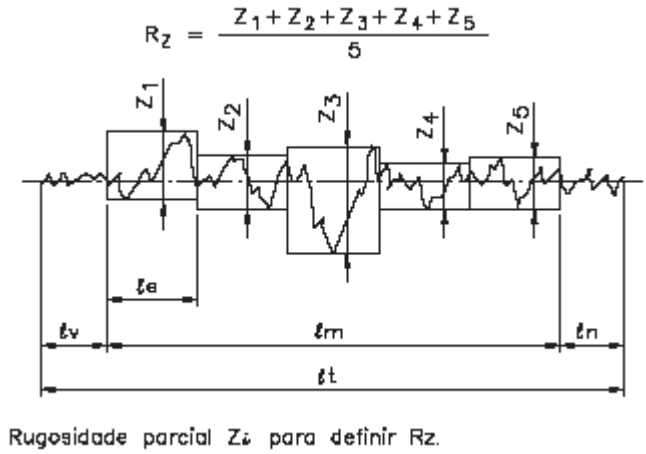


Figura 4.7 – Rugosidade Média - Rz (SECCO (a) et al., 2007)

Para perfis aperiódicos a norma ISO 4288/1996 também apresenta os valores de *cut-off* estabelecidos.

Segundo ROSA (2007), o parâmetro Rz pode ser empregado onde pontos isolados que não influenciam na função da peça a ser controlada (por exemplo, superfícies de apoio e de deslizamento, ajustes prensados) e em superfícies onde o perfil é periódico e conhecido.

Na tabela 4.5 tem-se as principais vantagens e desvantagens de se usar esse parâmetro de acordo com SECCO (a) et al. (2007):

Tabela 4.5 – Vantagens e desvantagens do parâmetro de rugosidade Rz

Vantagens do parâmetro Rz	Desvantagens do parâmetro Rz
Informa a distribuição média da superfície vertical. É de fácil obtenção em equipamentos que fornecem gráficos. Em perfis periódicos, define muito bem a superfície. Riscos isolados serão considerados apenas parcialmente, de acordo com o número de pontos isolados.	Em algumas aplicações, não é aconselhável a consideração parcial dos pontos isolados, pois um ponto isolado acentuado será considerado somente em 20%, mediante a divisão de 1/5. Não possibilita nenhuma informação sobre a forma do perfil, bem como da distância entre as ranhuras. Nem todos os equipamentos fornecem esse parâmetro.

4.1.2.3 Desvio Médio Quadrático - Rq ou RMS (*Root Mean Square*)

O parâmetro Rq é definido como a raiz quadrada da média dos quadrados das ordenadas de afastamento z_i dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro de um comprimento de amostragem, chamado de *cut-off* (SILVA, 2006).

Segundo PALMA (2006), Rq é o desvio médio quadrático (ou AA e CLA) e a elevação ao quadrado aumenta o efeito das irregularidades que se afastam da média. É bastante usado nos Estados Unidos e denominado RMS (Root Mean Square) em países de língua inglesa.

O autor recomenda esse parâmetro para análise de superfícies porosas e SILVA (2006) destaca ainda que este parâmetro é empregado em superfícies onde o acabamento apresenta os riscos de usinagem bem orientados e principalmente em superfícies onde o parâmetro Ra tem pouca resolução. No cálculo do Rq utilizam-se os mesmos valores de *cut-off* apresentados para o Ra, de acordo com o tipo de perfil.

A principal vantagem desse parâmetro é que ele evidencia mais os picos e vales do que o Ra, no entanto não define a forma das irregularidades (SILVA, 2006).

4.1.2.4 Rugosidade máxima – Rmáx e Ry e Rugosidade Total - Rt

Rugosidade máxima (Rmáx) é o maior valor das rugosidades parciais (zi) que se apresenta no percurso de medição - L_m (PALMA, 2006). O autor destaca que a norma DIN 4762/1984 indica um parâmetro semelhante ao Rmáx para medição de rugosidade superficial na Alemanha e é designada por Ry. Ry é a máxima distância pico-vale, dentro do comprimento de avaliação. A figura 4.8 mostra os parâmetros.

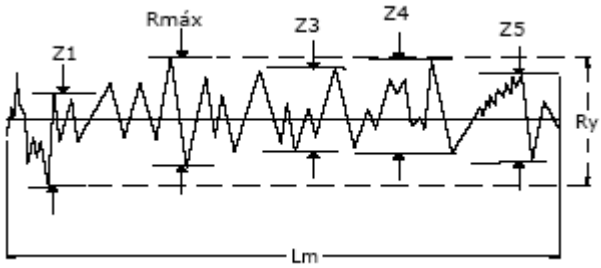


Figura 4.8 – Rugosidade Máxima - Rmáx e Ry (PALMA, 2006)

Pela definição de Ry encontra-se também o parâmetro Rt. Alguns autores como SECCO (a) et al. (2007) e ROSA (2007) definem Ry como o maior valor das rugosidades parciais (zi) que se apresenta no percurso de medição (onde na figura está representado como Rmáx) e Rt como a máxima distância pico-vale, dentro do comprimento de avaliação (que na figura 4.8 está representado como Ry). SILVA (2006) também usou essa definição para a Rugosidade Total (Rt).

Ao apresentarem as vantagens do parâmetro Rt, SECCO (a) et al. (2007) comentam que esse parâmetro é mais rígido na avaliação que o Ry, pois considera todo o comprimento de avaliação e não apenas o comprimento de amostragem (*cut-off*). Com essa afirmação entende-se que os dois parâmetros possuem a mesma definição, mas que diferem quanto ao comprimento de avaliação do perfil.

4.1.2.5 Parâmetros 3D

MELLO et al. (2002) citando DONG et al. (1994) apresenta alguns parâmetros 3D propostos pelo autor, inclusive como proposta de normalização. Basicamente, são os mesmos parâmetros utilizados na avaliação da rugosidade de um perfil, só que definidos para uma superfície tridimensional e denominados com a letra S antecedendo o parâmetro. Como exemplo pode-se citar os parâmetros Sra e SRq. Existem ainda os parâmetro Sk, que é uma medida da assimetria dos desvios superficiais sobre o plano médio, RzDIN - Sz, que corresponde a altura de dez-pontos, sendo calculado para revelar os valores de altura extrema da superfície, K (Rku – *Kurtosis*), que é o parâmetro relacionado com a forma da distribuição de amplitude, contribuindo para avaliar a aleatoriedade do perfil (coeficiente de achatamento).

BELAIR (2005) utilizou como parâmetro 3D o ISS, que representa o incremento específico da superfície. É obtido dividindo a superfície efetiva (SS) pela superfície geométrica (SG) de uma superfície. O incremento específico da superfície representa o aumento na área potencial de contato gerado pelo tratamento superficial.

4.1.3 Técnicas Usadas para Medir a Rugosidade

O aparelho eletrônico mais amplamente empregado na indústria para verificação de superfície de peças e ferramentas é o rugosímetro. Inicialmente, este aparelho destinava-se somente à avaliação da rugosidade ou textura primária. Com o tempo, apareceram os critérios para avaliação da textura secundária, ou seja, a ondulação, e muitos aparelhos evoluíram para essa nova tecnologia. Mesmo assim, por comodidade, conservou-se o nome genérico de rugosímetro também para esses aparelhos que, além de rugosidade, medem a ondulação (SECCO (b) et al., 2007).

PALMA (2006) destaca que os rugosímetros utilizam filtros que deixam passar apenas os sinais de altas freqüência e eliminam os sinais de baixa freqüências. Como o sinal da rugosidade em geral apresenta altas freqüências (pequenos comprimentos de onda) e as ondulações e demais erros de forma apresentam sinais com baixas freqüências (altos comprimentos de ondas), esse equipamento é limitado e não mede altas rugosidades, tais como as do concreto tratado superficialmente.

PARRA et al. (2006) citam diversas técnicas para a medição da rugosidade, tais como a comparação visotátil, a perfilometria de contato mecânico, a perfilometria ótica e a microscopia de força atômica. Dada a magnitude da rugosidade encontrada na superfície dos revestimentos cerâmicos, os autores utilizaram o perfilômetro de contato mecânico para a quantificação da rugosidade. Este equipamento utiliza um apalpador de ponta fina posicionado sobre a amostra e um motor elétrico gera o deslocamento horizontal deste apalpador sobre a superfície da amostra. Os movimentos verticais do apalpador são convertidos em sinais elétricos e utilizados posteriormente para a quantificação da rugosidade.

SANTOS (2006) ao comentar a classificação das superfícies do concreto, diz que a rugosidade é avaliada geralmente somente qualitativamente, observando-se a superfície do substrato e classificando-a de muito lisa a muito áspera, de acordo com o EUROCODE 2. Já o ACI 318 especifica duas categorias de rugosidade e BS 8110 considera somente o equipamento que deve ser usado para criar a rugosidade desejada.

GALECKI et al. (2001, 2006) afirmam que atualmente, não há nenhum método para se medir eficazmente a rugosidade do concreto. A verificação da rugosidade pode ser feita somente pela comparação subjetiva da superfície de concreto com os perfis dos modelos plásticos dos padrões fornecidos pelo *International Concrete Repair Institute* (ICRI). Os padrões de rugosidade do concreto são identificados com 9 perfis diferentes (Figura 4.9).

Apesar de ser uma análise subjetiva, fornece uma ferramenta simples para especificar a rugosidade.

Nos modelos plásticos dos perfis de superfície do concreto os perfis são classificados de 1 a 9 em ordem crescente de rugosidade e correspondem respectivamente: limpeza com ácido, lixamento, projeção de partícula levemente abrasiva, escarificação leve, projeção de partícula medianamente abrasiva, escarificação média, projeção de partícula altamente abrasiva, *scabbing* e escarificação pesada.

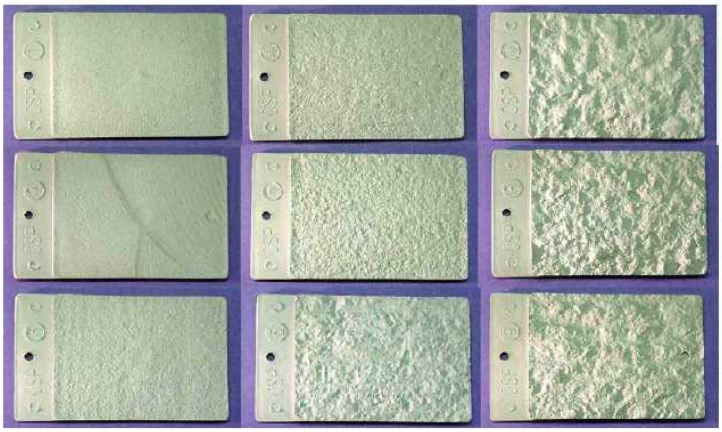


Figura 4.9 – Modelos Plásticos dos perfis de superfície do concreto (GALECKI et al., 2001, 2006)

BÉLAIR (2005) comenta que a maior dificuldade em usar os padrões dos modelos plásticos é saber exatamente a que modelo dos perfis de superfície de concreto, a superfície corresponde. Na prática, não é sempre fácil determinar a que perfil uma superfície corresponde porque a percepção das formas do olho humano tem seus limites. É assim preferível recorrer a métodos mais sistemáticos e mais objetivos e que tornam possível caracterizar, de uma maneira quantitativa, a rugosidade de uma superfície sem a intervenção do julgamento humano.

Dessa forma diversas pesquisas, tais como as realizadas por ABU-TAIR et al. (2000), MAERZ (a) et al. (2001), BELAIR (2003), MATANA et al. (2005), PEREZ (2005) e GARBACZ (2006), vêm sendo realizadas internacionalmente a fim de se encontrar a técnica mais adequada para se avaliar a rugosidade das superfícies de concreto.

GARBACZ (2006) selecionou quatro técnicas de medida, correspondendo a níveis diferentes de observação, usadas para caracterizar a geometria das superfícies de concreto preparadas por tratamentos distintos. Uma das técnicas usadas pelo autor foi o Perfilômetro Mecânico, que é um equipamento desenvolvido para avaliar superfícies metálicas.

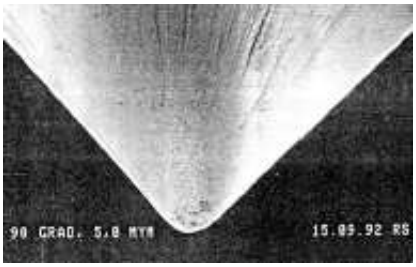
PARRA et al. (2006) ao utilizar esse equipamento em superfícies de revestimentos cerâmicos, explica que o perfilômetro mecânico utiliza um apalpador de ponta fina

posicionado sobre a amostra e um motor elétrico gera o deslocamento horizontal deste apalpador sobre a superfície da amostra. Os movimentos verticais do apalpador são convertidos em sinais elétricos e utilizados posteriormente para a quantificação da rugosidade.

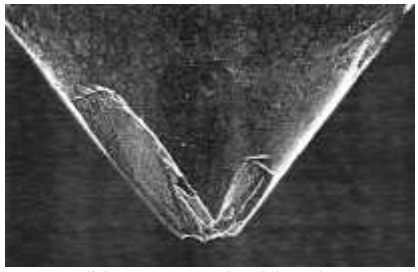
Com o mesmo princípio de funcionamento do perfilômetro mecânico, SILVA (2006) comenta que o rugosímetro é o equipamento mais utilizado para aquisição de perfil de rugosidade superficial.

No entanto, FACCIO (2002) destaca que a carga aplicada pelo apalpador pode gerar distorções nos perfis de rugosidade, pois o apalpador diamantado pode danificar a superfície, causando riscos e alterando o perfil registrado pelo aparelho. O autor destaca ainda que o raio do apalpador pode ser grande para superfícies mais suaves, com vales menores, pois o apalpador mecânico não consegue atingir a total profundidade dos vales.

Além disso, como o diamante é um material frágil, a ponta diamantada também pode sofrer avarias pela superfície (SILVA, 2006), pricipalmente por substratos contendo sílica como é o caso do concreto. A Figura 4.10 apresenta imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de uma ponta intacta (a) e uma ponta danificada (b).



(a) – ponta intacta



(b) – ponta danificada

Figura 4.10 – ponta do apalpador diamantado (MUMMERY, 1992 apud SILVA, 2006)

Dessa forma, o desenvolvimento de metodologias alternativas para determinação da rugosidade superficial vem despertando interesse de vários pesquisadores. No entanto, GARBACZ (2006) salienta que diferentes técnicas de medição costumam apresentar diferenças consideráveis. O autor destaca que técnicas óticas, como o Laser, são capazes de produzir uma imagem mais detalhada do perfil da superfície em comparação com métodos mecânicos, dessa forma o autor empregou também o Perfilômetro a Laser, que fornece uma superfície por triangulação com uma precisão vertical de 1 µm e ângulo máximo de medida de superfície de 90°. Essa técnica produz uma imagem mais detalhada do perfil de superfície em comparação com o método mecânico, como mostra a Figura 4.11.

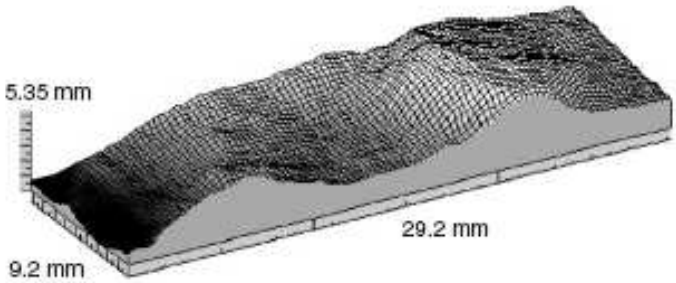


Figura 4.11 – imagem representando superfície de concreto após tratamento superficial, obtida por perfilômetro a Laser (GARBACZ, 2006)

GARBACZ (2006) observou que os parâmetros de rugosidade obtidos com o Perfilômetro a Laser foram até sete vezes maiores que os parâmetros obtidos com o Perfilômetro mecânico e que apenas os valores principais do perfil de rugosidade são similares para ambos os métodos e tipos de tratamento superficial do concreto.

Outros dois métodos utilizados por GARBACZ (2006) são o Método Microscópico, onde a rugosidade é determinada por perfis das seções verticais das imagens registradas, e o Método Macroscópico Utilizando "Areia", também comentado por PEREZ (2005), que consiste em esparramar 50g de microsilica (50-100 µm) sobre a superfície, fazendo um círculo e medindo o diâmetro comum que define o valor de SRI (Índice de Aspereza de Superfície) de acordo com o padrão europeu (CEN TC104/1992 - Concrete and related products).

BÉLAIR (2005) citou diversas técnicas utilizadas para a medição da rugosidade possíveis de serem utilizadas em superfícies de concreto. Além de citar o Perfilômetro Mecânico e o Método Macroscópico Utilizando "Areia", (*Tache de sable*), citou também o método desenvolvido por SILFWERBRAND, chamado de *Peigne articule,* que permitiu avaliar os perfis das superfícies geradas por diferentes preparações da superfície do concreto em nível macroscópico. A técnica consiste em um pente articulado, composto de agulhas regularmente espaçadas de um valor Δ. ABU-TAIR et al. (2000) usaram também esta técnica, mas com as agulhas mais próximas e menores.

PEREZ (2005) e BÉLAIR (2005) citaram ainda o Método de Triangulação a laser, que consiste em projetar um feixe do laser na superfície do objeto, cujo sistema do contato do feixe com a superfície é coletado por uma câmera com dispositivo de transferência da carga (DTC). Com o deslocamento do objeto obtém-se um perfil da superfície em que a profundidade real é obtida avaliando a distância entre cada ponto do contato do feixe com a superfície e a linha de referência. WU et al. (2000), utilizando esta técnica, quantificaram as superfícies de ruptura de materiais cimentíceos estabelecendo dois parâmetros da

caracterização, D e Rs, que representam respectivamente a dimensão fractal[20] e o índice da aspereza (Ia) de uma superfície e garantiram que a precisão deste método depende da largura do feixe de laser e da definição da câmera.

Um outro método citado por BELAIR (2005) é o *Moiré de project. É* um método ótico cujo o princípio geral consiste em projetar uma rede de “franjas” (alternação de faixas protegidas e desobstruídas) na superfície a ser caracterizada. Quando a rede das franjas se encontra com a superfície, torna-se deformada e a imagem é então coletada por uma câmera DTC. A geometria da superfície é obtida pela imagem processada digitalmente. Em sua pesquisa com superfícies de concreto tratadas foi usado um dispositivo do digitalização 3D a fim coletar os dados necessários para avaliar a aspereza de superfícies preparadas. A geometria da superfície é obtida por uma imagem processada da superfície através de um software da análise. Depois disso, a matriz 3D dos pontos que definem a geometria da superfície é usada a fim avaliar os parâmetros da qualidade de superfície através do programa RugoID³ (Figura 4.12), que também foi utilizado por PEREZ (2005).

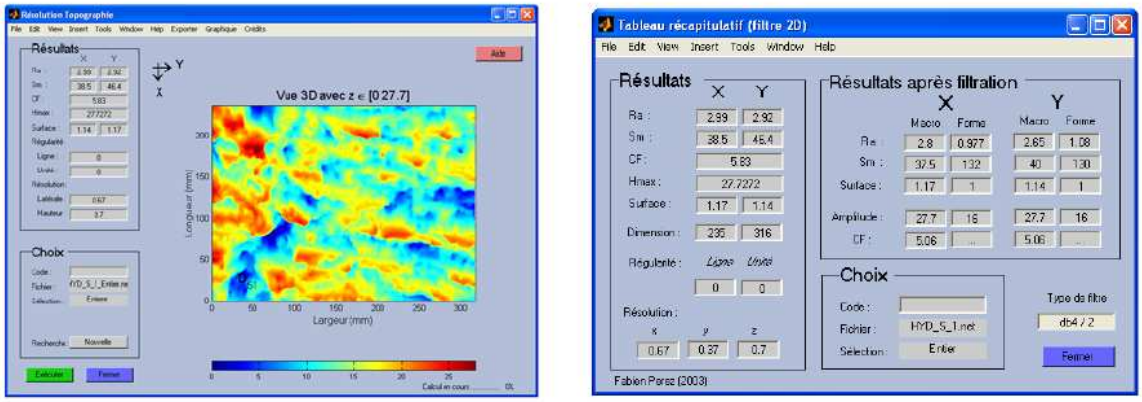


Figura 4.12 –Programa Rugo ID³ utilizado no processamento da imagem da superfície (PEREZ, 2005)

4.2 ABSORÇÃO POR SUCÇÃO CAPILAR

O ensaio mais divulgado para a avaliação das características de sucção de unidades de alvenaria, segundo CORTEZ (1999) é o AIA (Absorção Inicial de Água), que é o método brasileiro (NBR 15270-3/2005) do IRA (“Initial Rate Absorption” – ASTM C67), fundamentalmente semelhante ao IRS (“Initial Rate of Suction”) e ao Índice de Haller. A

[20] A *geometria fractal* é o ramo da matemática que estuda as propriedades e comportamento dos fractais. Descreve muitas situações que não podem ser explicadas facilmente pela geometria clássica, e foram aplicadas em ciência, tecnologia e arte gerada por computador. As raízes conceituais dos fractais remontam a tentativas de medir o tamanho de objetos para os quais as definições tradicionais baseadas na geometria euclidiana falham. (Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Fractal)

metodologia desses ensaios consiste em se determinar a massa de água absorvida por uma face do tijolo, após esta ser imersa em uma pequena profundidade de água, durante um minuto.

TAHA et al. (a) (2001) destaca que combinando Absorção Inicial de Água da unidade de alvenaria e a retenção de água da argamassa, é possível selecionar combinações do tipo de argamassa e do tijolo para conseguir uma boa aderência da argamassa. Baixos valores de Absorção Inicial não permitirão que produtos de hidratação migrem para a superfície da unidade, enquanto que elevada absorção inicial de água reduzirá o grau de hidratação, reduzindo os produtos de hidratação depositados nos poros da unidade. AIA elevado induzirá também a formação de fissuras de retração que enfraquecerão a interface alvenaria/argamassa. Segundo o autor, a aplicabilidade do AIA é questionável porque as distribuições diferentes de poros com fluxos diferentes da água podem resultar nos mesmos valores de AIA. O autor destaca ainda que embora seja verdadeiro que os primeiros poucos minutos têm um efeito significativo na quantidade de transferência da água da argamassa à unidade, o processo não para completamente até que o cimento endureça.

Os estudos realizados por VOSS[21], citado por TAHA et al. (a) (2001), recomendam o uso de 48 horas para o ensaio - tempo total de absorção de água de unidades de alvenaria. ANDEREGG[22], também citado pelo autor, salientou que a taxa de absorção é mais importante que a quantidade total de água absorvida, e mostrou como a absorção de água nos momentos iniciais afeta a hidratação da argamassa e conseqüentemente a resistência de aderência.

Enquanto os padrões australiano e canadense indicam que o AIA pode ser um bom indicador para a resistência de aderência, o padrão britânico considera mais apropriada a absorção total da água. Ambos os ensaios mostram limitações diferentes quanto ao desempenho da absorção de blocos cerâmicos. Em função disso, carece-se de um ensaio que represente mais fielmente o desempenho da absorção no período crítico do desenvolvimento da aderência. Absortividade pode ser tal ensaio de acordo com TAHA et al (a), (2001).

Absortividade é uma propriedade que descreve a tendência do material poroso em absorver e transmitir a água por sucção capilar. A absortividade (S) é definida graficamente como o declive da reta de um gráfico do volume de água absorvida, por unidade de área, contra a

[21] Voss, W. C., **Permeability of brick masonry walls - A hypothesis**, *ASTM Proceedings* 33 (1933) 670 p.
[22] Anderegg, F. O., **The effect of brick absorption characteristics upon mortar properties**, ASTM Proceedings 42 (1942) 821 p.

raiz quadrada do tempo. A linearidade da relação é conferida pelo coeficiente de correlação de regressão linear (HALL[23] apud TAHA et al (a), 2001).

MOURA (2000) citando HALL, explica a relação entre a taxa de absorção e a raiz quadrada do tempo, conforme expressa a equação 4.1.

$$i = S.t^{1/2} \tag{4.1}$$

Onde *i* é a absorção acumulada de água por unidade de área da seção transversal, em contato com a água (kg/m² ou g/cm²); *S* é a taxa de absorção por sucção capilar (mm/h$^{1/2}$) e *t* é o tempo medido no momento da determinação da massa (h, min ou seg).

MOURA (2000) cita o método desenvolvido por KELHAM (1988)[24], que se baseia no princípio de ganho de massa ao longo do tempo. KELHAM (1988) utilizou corpos-de-prova de 50mm de espessura, impermeabilizados nas superfícies laterais e fixada uma placa de PVC com um tubo de plástico na extremidade superior do corpo-de-prova, cuja finalidade é fazer o contato com a pressão atmosférica. Dado início ao ensaio, mede-se o acúmulo de massa do corpo-de-prova submerso, ao longo do tempo. Plota-se, então, os pontos de ganho de massa em função da raiz quadrada do tempo. Depois são traçadas a reta referente ao período de absorção inicial e a reta referente ao período de saturação. GOPALAN (1996)[25] apud MOURA (2000), sugere que a espessura do corpo-de-prova seja reduzida para 25 mm, pois dessa forma, pode-se reduzir o tempo de ensaio. No ensaio de absorção por sucção capilar, além da taxa de absorção, é determinada a resistência capilar, que é calculada segundo a equação 4.2, onde *R* é a resistência capilar (s/m2), $\sqrt{t_{cap}}$ é o valor correspondente, no eixo das abscissas, à intersecção das retas, e *e* a espessura do corpo-de-prova (mm) (GJORV[26], 1994 apud MOURA, 2000):

$$R = \left(\frac{\sqrt{t_{cap}}}{e} \right)^2 \tag{4.2}$$

A absortividade é dependente do índice de umidade inicial do material a ser ensaiado. Portanto, é necessário que os corpos-de-prova sejam ensaiados na condição seca, a fim de

[23] Hall, C., **Water sorptivity of mortars and concretes: a review**, Magazine of Concrete Research 41 (147) (1989) 51-61.
[24] KELHAM, S. A. **Water absorption test for concrete**. Magazine of Concrete Research, v. 40, n. 10, p. 106-110. Jun 1988.
[25] GOPALAN, M. K. **Sorpivity of fly Ash Concretes**. Cement and Concrete Research. v.26, n 8, p. 1189-1197, 1996.
[26] GJORV, O. **Important test methods for evaluation of reinforced concrete durability**. V. M. Malhotra Syposium on Concrete Technology: Past, Present and Future, 1993 Berkeley, Califórnia. Detroit: American Concrete Institute, 1994. p. 545-576. (ACI Special Publication, 144).

que se elimine a variável umidade inicial. Dessa forma, deve-se secar os corpos-de-prova até que a diferença na massa por dia, seja por exemplo 0,1%.

Embora a absortividade seja comprovadamente uma medida confiável, o ensaio não é normatizado, mas em 1996 o Comitê C09.03.12 *Task Group on Permeability Testing – ASTM* esboçou um método padrão do ensaio baseado em HALL.

TAHA et al. (2001 - a) realizou o ensaio de absortividade de acordo com a norma ASTM C1585 - *Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic Cement Concretes,* para medir a taxa inicial de absorção de argamassas e de concretos. As laterais dos corpos-de-prova foram selados com uma fita adesiva vinílica a fim de tornar o fluxo unidirecional. O teste foi realizado permitindo que uma superfície do corpo-de-prova ficasse em contato com a água em 5 milímetros de profundidade, usando uma sustentação de alumínio retangular com dois furos laterais, e mantendo o nível de água exterior em 1-3 milímetros acima do nível do furo permitindo o contato contínuo entre a superfície do corpo-de-prova e a água sem mudar a profundidade da água durante o tempo de ensaio (Figura 4.12). A massa do corpo-de-prova é então determinada com a superfície seca e por um período de tempo inferior a 20 segundos, em intervalos fixos do tempo.

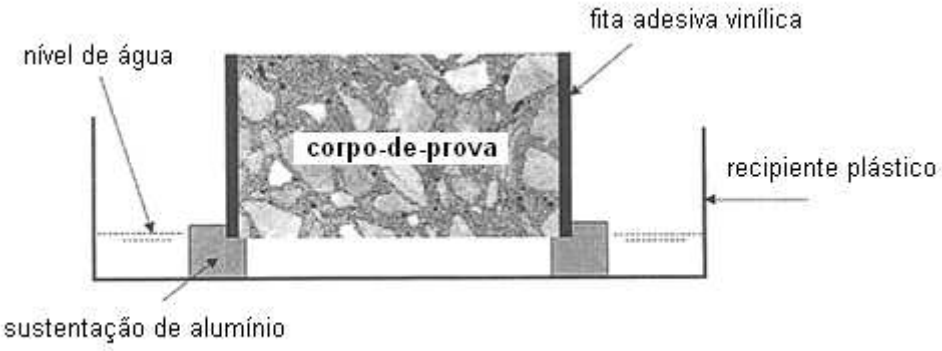


Figura 4.13 – Ensaio de absortividade (TAHA et al (a), 2001)

KELHAM (1988) e HALL (1989), dentre outros citados por TAHA et al. (b) (2001), examinaram a absortividade do concreto e provaram que essa propriedade se correlaciona muito bem com medidas de permeabilidade de água em concreto. Porém, a absortividade não pode definir a quantia de água que migra da argamassa à alvenaria. Esta quantidade é dependente da disponibilidade de água na argamassa (retenção de água), da quantidade de umidade inicialmente disponível no tijolo (conteúdo de umidade), da taxa pela qual a unidade de tijolo succiona a água (absortividade), da capacidade de absorção do substrato (absorção total), da graduação de areia da argamassa (partículas finas podem bloquear os poros do substrato e podem mudar a taxa de absorção) e de qualquer elemento aditivo usado na argamassa que afetem a hidratação (por exemplo retardadores de pega).

Um outro tipo de ensaio realizado é o teste de absorção capilar que foi realizado por BÉLAIR (2005) a fim verificar a porosidade da superfície de acordo com o tipo de preparação da superfície, detectando também a presença possível de alguns danos gerados pelos tratamentos. O autor realizou os ensaios de absorção capilar em corpos-de-prova de concreto de 50 mm de diâmetro cujas laterais foram seladas com epoxy a fim de limitar a penetração da água à superfície preparada. O instrumento utilizado pelo autor é apresentado na Figura 4.14. A característica principal do conjunto é que é equipada com uma célula de carga de 20 N que possibilita medir ininteruptamente a massa de água. O nível de água do tanque é controlado e mantido constante pelo fluxo de água contínuo. O fluxômetro assegura um fluxo de 600 cm³/min, que é um valor maior que a taxa de absorção média de materiais porosos como o concreto (KÜNTZ[27] et al. apud BÉLAIR, 2005). O teste começa no momento do contato da amostra com a água. Entretanto, a aquisição da massa de água absorvida pela amostra começa quando o nível de água intercepta 100% da superfície geométrica (SG) do corpo-de-prova. A altura da imersão desta varia assim de acordo com a profundidade da maior cavidade criada pela preparação da superfície. O intervalo entre medidas era fixo em 1 segundo e as experiências foram conduzidas durante pelo menos duas horas.

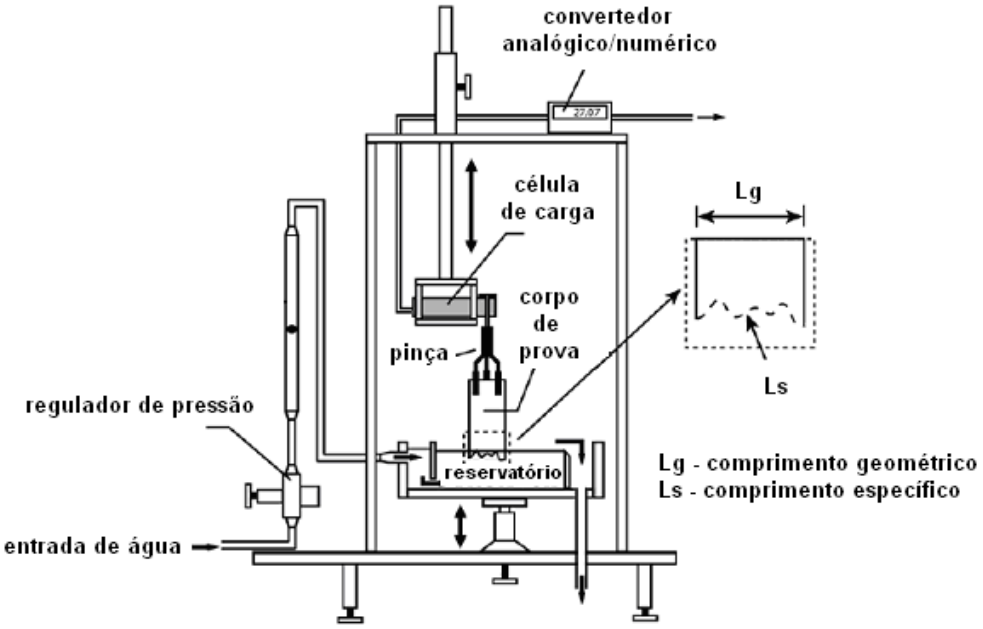


Figura 4.14 – Representação esquemática do aparelho usado no ensaio de absorção capilar por BÉLAIR (2005). Adaptado de KÜNTZ et al. (2003) apud BÉLAIR (2005)

MAADANI, 1998 além de realizar os ensaios de absortividade e absorção capilar, realizou também o ensaio de Absorção Inicial de Superfície (ISA - *Initial Surface Absorption* a 10

[27] KÜNTZ, M. et al. (2003) **Confirmation of anomalous diffusion in non saturated porous building materials by a new capillary absorption test**, American Society for Testing and Materials, 13 pages.

minutos*)*. Através dos ensaios, o autor verificou também a influência da vibração e do tipo de fôrma empregada na porosidade superficial do concreto.

5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental desenvolvido para esta pesquisa tem como finalidade estudar o efeito dos tratamentos superficiais executados em elementos de concreto na resistência de aderência do subsistema de revestimento de argamassa.

5.1 VARIÁVEIS

As variáveis estudadas nessa pesquisa foram adotadas de acordo com os procedimentos, técnicas, equipamentos e materiais usualmente empregados nas obras correntes de Porto Alegre, sendo testado um novo produto como alternativa de preparo superficial do concreto.

Portanto, as variáveis independentes são:

a) Três níveis de resistência do concreto (fcj): 25, 35 e 45 MPa.

b) Nove superfícies de concreto, com ou sem desmoldante, tratadas ou não:

<u>Fôrmas metálicas sem desmoldante:</u>

1 Sem tratamento
2 Lavado frio
3 Escovado
4 Lixado
5 Apicoado

<u>Fôrmas metálicas com desmoldante:</u>

6 Sem tratamento
7 Lavado frio
8 Lavado quente

<u>Fôrmas Tratadas (novo produto):</u>

9 Retardador de pega de superfície

c) Duas argamassas de chapisco: uma industrializada e uma convencional feita em obra, de cimento e areia;

d) Uma argamassa industrializada de revestimento.

As variáveis dependentes são a absortividade, a rugosidade e a área superficial específica dos substratos tratados superficialmente, e a resistência de aderência do revestimento de argamassa.

Considerou-se como variáveis intervenientes a mão-de-obra e eventuais alterações nos materiais e/ou equipamentos, como variação da pressão da água nos equipamentos de hidrojateamento, vibração do concreto, entre outras.

5.2 SUBSTRATO DE CONCRETO ESTRUTURAL

Os tratamentos superficiais foram executados em prismas representando segmento de pilar, com dimensões de 40x45x10cm³ (largura, altura, espessura), conforme representação esquemática na Figura 5.1, onde as setas indicam por onde o concreto foi lançado na fôrma.

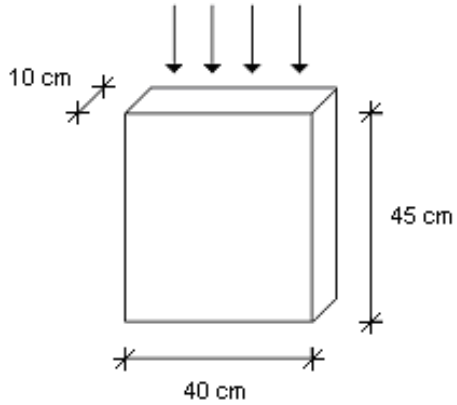


Figura 5.1 – Representação esquemática dos prismas de concreto

Os prismas foram moldados em fôrmas metálicas, a fim de minimizar o efeito do reuso na superfície do concreto.

5.2.1 Materiais Empregados

Nesta seção estão apresentados os materiais empregados na execução dos prismas de concreto, bem como a caracterização realizada por ensaios físicos e/ou químicos.

5.2.1.1 Cimento

O cimento utilizado foi o pozolânico CPIV-32 – RS. Foi feita a opção por este aglomerante devido a um levantamento prévio ao programa experimental nas obras de Porto Alegre, em cuja época, esse era um cimento bastante utilizado pelas concreteiras.

A Tabela 5.1 mostra os resultados dos ensaios de caracterização do cimento.

Tabela 5.1 – Caracterização física e química do cimento

	PROPRIEDADE	RESULTADOS	NORMA (NBR)
ENSAIOS FÍSICOS*	Massa Específica Absoluta	2,75 g/cm³	NM23:2001
	Pasta de consistência normal	35,0% de água	NBR NM 43/03
	Superfície específica "Blaine"	4880cm^2/g	NM76:1998
	Resíduo retido na peneira n°200	0,4%	NBR11579/91
	Tempos de Pega (início / fim)	5h20min / 6h10min	NM65:2003
	Expansibilidade (a frio / a quente)	0,5mm / 0,0mm	NBR 11582/91
	Índice de consistência da argamassa	159mm	NBR 7215/96
	Resistência à Compressão (3 / 7 / 28 dias)	20,9 / 28,1 / 39,3 (MPa)	NBR7215/1996

	PROPRIEDADE	RESULTADOS (%)	PROPRIEDADE	RESULTADOS (%)
ENSAIOS QUÍMICOS**	Perda ao fogo	3,14	MgO	4,60
	SiO_2	36,28	K_2O	1,30
	Al_2O_3	9,35	Na_2O	0,14
	Fe_2O_3	3,93	SO_3	2,11
	CaO	38,23	Resíduo Insolúvel	32,79

(*) resultados obtidos na Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC
(**) dados fornecidos pelo fabricante

A massa unitária foi obtida em analogia ao método preconizado pela NM 45/1995, resultando em 0,83 g/cm³.

5.2.1.2 Agregado Miúdo

Tanto na preparação dos concretos quanto da argamassa de chapisco convencional foi utilizada areia regular de origem quartzoza, a qual não passou por nenhum processo de lavagem ou peneiramento antes de sua utilização, sendo apenas seca ao ar em ambiente de laboratório.

As Tabelas 5.2 e 5.3 mostram os resultados obtidos nos ensaios de caracterização da areia, e a figura 5.2 mostra a respectiva curva granulométrica, com os limites de classificação como areia média. Os ensaios de caracterização do agregado miúdo foram realizados no Laboratório de materiais do Núcleo Orientado para Inovação da Edificação – NORIE/UFRGS.

Tabela 5.2 – Caracterização do agregado miúdo

PROPRIEDADE	MÉTODO	RESULTADOS
Massa específica	NM 52/2002	2,62 g/cm³
Massa unitária	NM 45/1995	1,57 g/cm³
Absorção	NM 30/2000	0,43 %

Tabela 5.3 - Análise granulométrica da areia regular – NM 248/2001:

PENEIRA (mm)	% RETIDA INDIVIDUAL	% RETIDA ACUMULADA	LIMITE AREIA MÉDIA	
			INFERIOR	SUPERIOR
4,75	4	4	0	11
2,36	6	10	0	25
1,18	13	23	10	45
0,60	26	49	41	65
0,30	45	94	70	92
0,15	6	100	90	100
< 0,15	0	—		
Módulo de finura		2,80		
Dimensão máxima característica		4,75 mm		

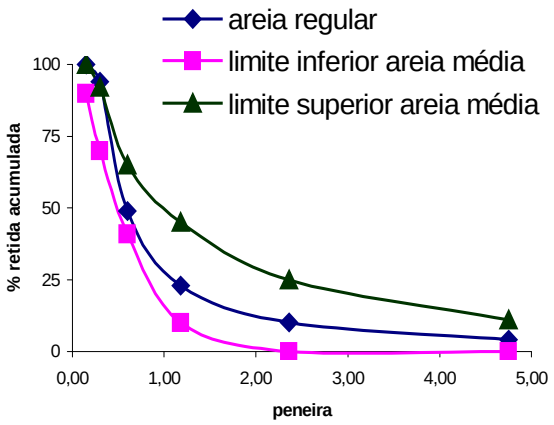


Figura 5.2 – Limites de classificação do agregado miúdo e curva granulométrica do agregado utilizado

Portanto, segundo critérios da primeira edição da NBR 7211(1983), a areia foi classificada como média. No chapisco comum, essa areia além de apresentar uma rugosidade apropriada, apresenta menor desperdício da argamassa por reflexão dos agregados durante sua aplicação (CANDIA, 1998). Cabe salientar que a segunda edição da NBR 7211 (2005) não faz referência a esta classificação.

5.2.1.3 Agregado Graúdo

Como agregado graúdo do concreto foi empregada brita de origem basáltica.

As tabelas 5.4 e 5.5 apresentam os resultados da caracterização física.

Tabela 5.4 - Caracterização física do agregado graúdo

PROPRIEDADE	MÉTODO	RESULTADOS
Massa específica	NM 53/2002	2,73 g/cm³
Massa unitária	NM 45/1995	1,48 g/cm³
Absorção	NM 53/2002	2,13 %

Tabela 5.5 - Análise granulométrica – NBR NM 248:2003:

PENEIRA (mm)	% RETIDA INDIVIDUAL	% RETIDA ACUMULADA
25,0	0	0
19,0	11	11
12,5	69	80
9,5	17	97
6,3	3	100
Total	100	—
Dimensão máxima característica:		25 mm

5.2.2 Dosagem dos Materiais

Para o desenvolvimento dos traços de acordo com os níveis de resistência estabelecidos, a dosagem do concreto foi realizada de acordo com o método IPT/EPUSP, conforme os dados da tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Dados de dosagem

α	m	Traço			a/c	H (%)	Abatimento (mm)
		c	a	p			
53%	2,5	1	0,86	1,65	0,38	10,9	70
	5,0	1	2,18	2,82	0,56	9,4	80
	7,5	1	3,51	4,00	0,78	9,2	70

Para cada traço foram moldados três corpos-de-prova cilíndricos com dimensões 9,5 x 19 cm, que foram ensaiados à resistência à compressão, aos 28 dias de idade, de acordo com a tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Resistências à compressão (fc_{28}) dos corpos-de-prova de dosagem

m	cp	Carga (kN)	fc_{28} (MPa)	Média fc_{28} (MPa)
2,5	1	299,0	42,2	41,9
	2	285,0	40,2	
	3	308,0	43,5	
5,0	1	186,5	26,3	27,5
	2	200,5	28,3	
	3	198,5	28,0	
7,5	1	119,5	16,9	15,8
	2	118,0	16,6	
	3	98,5	13,9	

Pela Lei de Abrams obteve-se a equação que relaciona a relação água/cimento (a/c) com a resistência de dosagem (fcj) e pela Lei de Lyse obteve-se a equação que relaciona a relação água/cimento (a/c) com o traço (m), de acordo com o primeiro e segundo quadrantes, respectivamente, do diagrama de dosagem (figura 5.3).

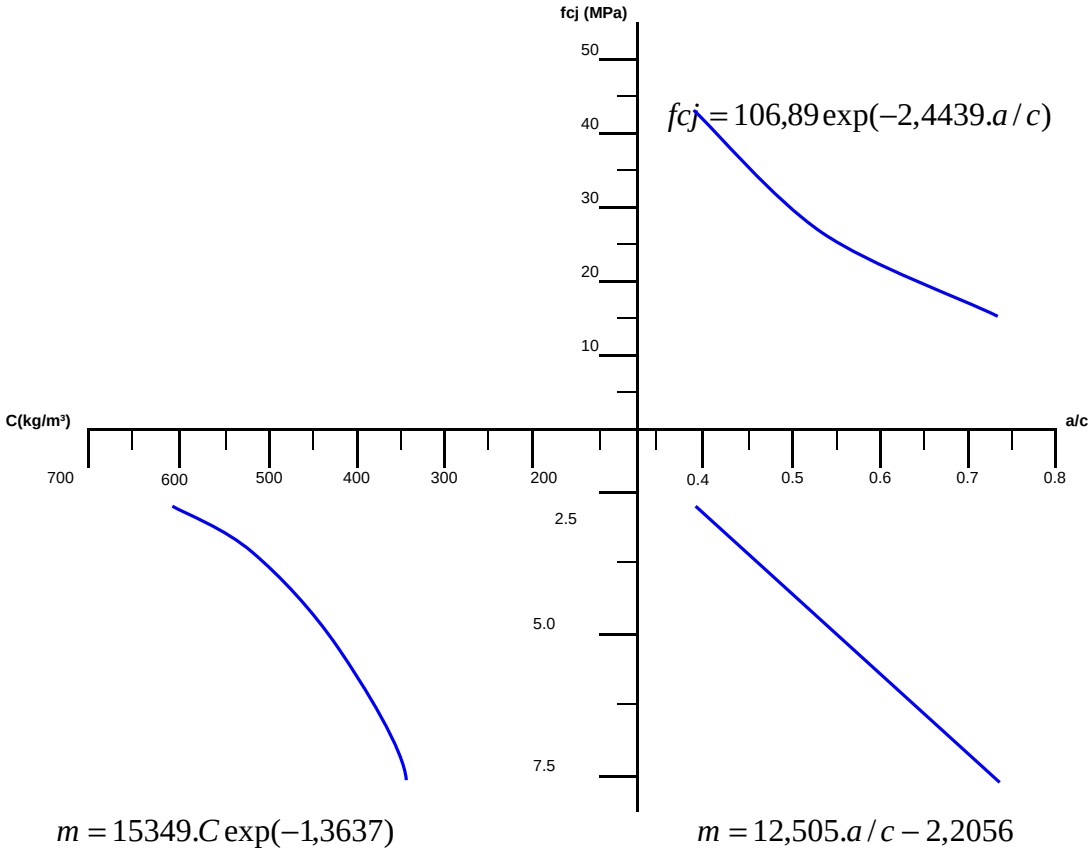


Figura 5.3: Diagrama de dosagem

Entrando-se com as resistências à compressão aos 28 dias (fcj) a serem estudadas (25, 35 e 45 MPa) na equação do gráfico da Lei de Abrams, obtém-se a relação água/cimento (a/c), e então entrando com esses valores na equação do gráfico da Lei de Lyse, obtém-se a quantidade total de agregado (*m*). O traço e o teor de argamassa são obtidos com as seguintes equações:

$$m = a + p \qquad \text{Equação 5.1}$$

$$\alpha = \frac{1+a}{1+m} \qquad \text{Equação 5.2}$$

Portanto, para as resistências características adotadas, os traços utilizados são os que constam na tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Resistência média do concreto (**fc_{28}**), relação água/cimento (a/c), traço em massa e abatimento

fc_{28} (MPa)	a/c	Traço(em massa)			Abatimento (mm)
		c	a	p	
25	0,53	1	1,86	2,54	190
35	0,44	1	1,28	2,02	140
45	0,37	1	0,80	1,60	75

Salienta-se que embora o abatimento de dosagem médio fosse de 80 mm, durante as concretagens, devido ao maior volume de materiais, utilizou-se outro tipo de betoneira o que alterou os abatimentos, cujos valores são os apresentados na Tabela 5.8.

5.2.3 Moldagem dos Prismas

Por dia de concretagem foram moldados três prismas. Para cada resistência de concreto foram moldados três corpos-de-prova cilíndricos, com dimensões nominais de 10x20cm, para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de idade, de acordo com a norma NBR5739/1994 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, e três corpos-de-prova prismáticos, com dimensões de 10x10x20 cm, para o ensaio de sucção capilar, também aos 28 dias de idade.

Na moldagem dos prismas cuja fôrma recebeu desmoldante, este foi de base óleo mineral. A escolha por esse tipo de desmoldante se deu por ser o mais comumente utilizado nas obras correntes, por ser o mais prejudicial à aderência do revestimento, pelo fato de ser o de mais difícil remoção e por ser compatível com fôrmas metálicas.

Previamente à colocação dos materiais na betoneira de eixo inclinado, com capacidade para 100 litros, era feita uma imprimação do equipamento com 2kg de cimento e 6 kg de areia e água, a fim de se evitar a perda de argamassa do concreto nas paredes internas da betoneira.

Os prismas de concreto moldados foram mantidos cobertos por 24 horas em ambiente de laboratório, até a desforma, sendo posteriormente levados para a câmara úmida, com umidade superior a 95% e temperatura (23º ±2)ºC, onde foram curados até completar a idade de 27 dias, quando então receberam o tratamento superficial, exceto o retardador de pega de superfície que foi aplicado na fôrma previamente à concretagem como será explicado no item 5.2.4.5.

Na tabela 5.9 são apresentados os valores médios dos corpos-de-prova moldados para o ensaio de resistência à compressão, por dia de concretagem. Os valores individuais do ensaio de resistência à compressão do concreto estão apresentados no Apêndice B. Para esse ensaio, os corpos-de-prova tiveram suas superfícies em contato com a prensa capeadas com enxofre para regularização.

Tabela 5.9 – Resistência média à compressão do concreto (**fc_{28}**), por dia de moldagem

Concreto / **moldagem**	25MPa (fc28)				35MPa (fc28)				45MPa (fc28)			
	Abatimento (mm)	**média (MPa)**	**Desvio padrão**	**Coef Var**	**Abatimento (mm)**	**média (MPa)**	**Desvio padrão**	**Coef Var**	**Abatimento (mm)**	**média (MPa)**	**Desvio padrão**	**Coef Var**
1	190	28,10	1,02	3,62	125	38,30	1,47	3,83	70	47,90	1,84	3,85
2	200	30,33	0,98	3,22	130	40,91	0,32	0,79	60	44,06	1,26	2,87
3	200	28,03	0,33	1,19	130	37,50	2,26	6,03	70	48,41	0,71	1,46
4	170	29,20	0,19	0,64	140	34,96	1,46	4,19	65	45,00	1,02	2,26
5	180	26,59	0,32	1,22	140	36,73	1,13	3,07	75	44,98	1,27	2,82
6	185	28,85	0,88	3,06	140	41,45	0,95	2,30	60	43,17	1,02	2,36
7	190	25,63	0,25	0,97	150	32,87	0,25	0,77	50	46,51	0,99	2,13
8	190	27,23	0,31	1,13	110	39,48	0,40	1,02	80	49,73	0,80	1,61
9	190	27,58	1,49	5,41	130	34,24	2,41	7,03	60	44,28	2,65	5,99
média		27,95				37,38				46,00		

Para facilitar a identificação, os substratos de concreto foram denominados como 25 MPa, 35 MPa e 45 MPa, respectivamente.

5.2.4 Tratamento Superficial

Os tratamentos superficiais convencionais foram executados aos 27 dias de idade do concreto, de acordo com procedimentos previamente estabelecidos, controlando-se os tempos por unidade de área e aspecto final. O tratamento superficial em que foi usado o Retardador de Pega de Superfície foi executado previamente à moldagem e cura dos concretos.

5.2.4.1 Lavagem por Hidrojateamento

A lavagem a frio foi realizada como único tratamento ou como tratamento complementar nos demais tratamentos. O equipamento utilizado foi o Lava-jato, com vazão de 430 l/h e pressão de 1450 lbs.

A lavagem a quente, empregada como tratamento nos concretos cuja moldagem foi feita em fôrma com desmoldante, foi executada com equipamento lava-jato, com vazão de 800 l/h e pressão de 2000 lbs. A temperatura de uso do equipamento foi de 75º C. A opção por esses equipamentos se deu por serem os mais comumente encontrados e empregados para os tipos distintos de lavagem (Figuras 5.4 e 5.5). O afastamento entre o bico do jato e a superfície a ser lavada foi mantida entre 1,0 e 2,0 m.

Figura 5.4 – Execução da lavagem a frio

Figura 5.5 – Execução da lavagem a quente

As Figuras 5.6 e 5.7 ilustram a superfície do concreto antes (Figura 5.6) e após a lavagem por hidrojateamento, respectivamente.

Figura 5.6 – Superfície do concreto 25 MPa (fcj) antes da lavagem – ampliação de 7,6X

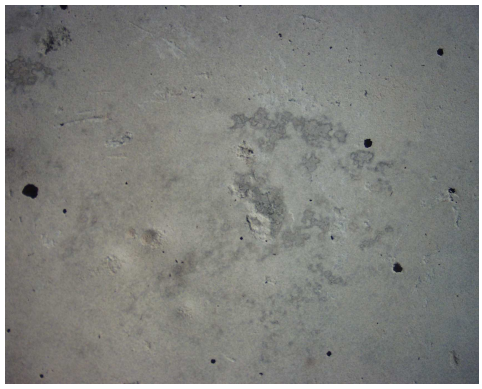


Figura 5.7 – Superfície do concreto 25 MPa (fcj) lavada com maior exposição dos poros – ampliação de 7,6X

5.2.4.2 Escovação

A escovação foi feita manualmente com escova de cerdas de aço por aproximadamente 5 minutos em cada face dos prismas. Ao se escovar as superfícies, tomou-se cuidado em realizar a escovação em todas as direções, em movimentos retos e circulares, a fim de se evitar tendência de direção na rugosidade gerada. Após a escovação os prismas foram lavados por hidrojateamento com água fria para remoção da poeira.

Nas figuras 5.8 e 5.9 pode-se observar uma maior exposição dos poros superficiais e do agregado miúdo após a escovação da superfície de acordo com a classe de resistência do concreto.

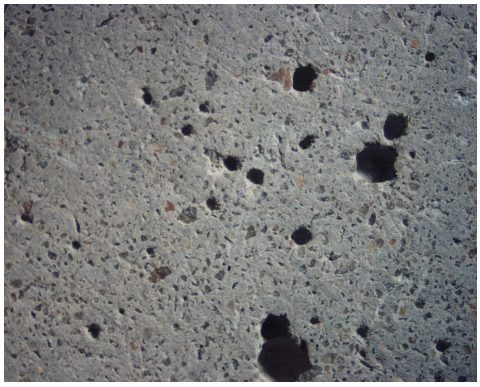


Figura 5.8 – Concreto 25 MPa (fcj) escovado – ampliação de 7,6X

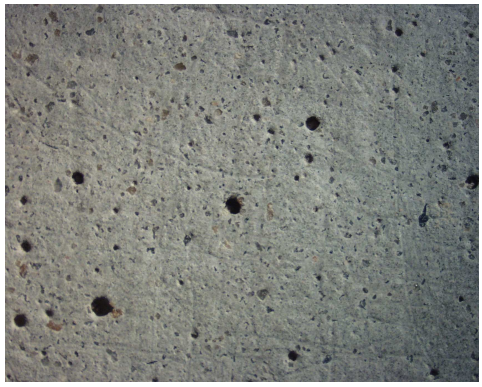


Figura 5.9 – Concreto 35 MPa (fcj) escovado – ampliação de 7,6X

5.2.4.3 Lixamento

O lixamento foi executado com lixadeira elétrica com disco diamantado, garantindo a remoção da camada de nata superficial e gerando uma superfície com aspereza elevada (figura 5.10). O tempo não foi fixado, pois o acabamento (Figura 5.11) é garantido de acordo com a pressão exercida e o deslocamento do equipamento sobre a superfície. Após o lixamento da superfície, foi feita uma avaliação visual para verificação de eventuais regiões não lixadas pelo equipamento. Após o término do tratamento superficial, os prismas foram lavados por hidrojateamento para remoção do pó proveniente do procedimento.

Figura 5.10 – Equipamento utilizado no lixamento, no detalhe, o disco

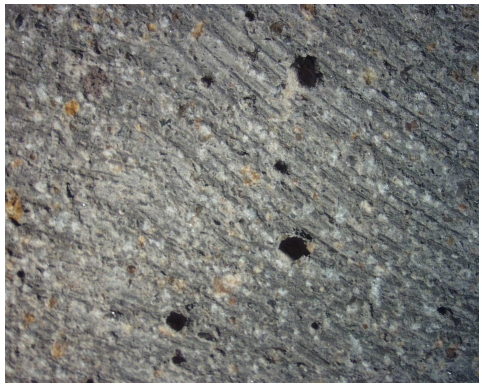


Figura 5.11 – Concreto 35 MPa (fcj) lixado – ampliação de 7,6X

5.2.4.4 Apicoamento

Os substratos de concreto foram apicoados por meio de martelete eletromecânico, com ponteira do tipo “batedor de bife” (figura 5.12), garantindo que a superfície ficasse totalmente apicoada (figura 5.13). O tempo não foi fixado, pois o acabamento é garantido de acordo com a pressão exercida e o deslocamento do equipamento sobre a superfície. Após o apicoamento da superfície foi feita uma avaliação visual para verificação de eventuais falhas na superfície de regiões não apicoadas. Após o apicoamento os prismas foram lavados por hidrojateamento para remoção do pó e de partículas soltas provenientes do procedimento.

Figura 5.12 – Execução do apicoamento com o martelete eletromecânico

Figura 5.13 – Aspecto final da superfície do concreto 35 MPa (fcj) apicoada – ampliação de 7,6X

Após o apicoamento os prismas foram lavados por hidrojateamento para remoção do pó e de partículas soltas provenientes do procedimento.

5.2.4.5 Retardador de Pega de Superfície

Como tratamento superficial alternativo foi testado um retardador de pega de superfície. Esse produto químico foi especialmente desenvolvido para a produção de concreto com agregado exposto uniformemente, o que proporciona uma maior rugosidade superficial.

Por ser um produto de custo elevado, sua implementação, com o objetivo de aumentar a aderência do revestimento argamassado, só é viável se for possível eliminar a camada de preparo (chapisco).

Sua aplicação é feita diretamente nas fôrmas, podendo ser usado em fôrmas metálicas, fibra de vidro, concreto ou madeira. A aplicação é feita como uma pintura e pode ser feita tanto com spray air-less, como com rolo, de modo a assegurar um filme fino e homogêneo.

É oferecido para as diferentes profundidade de ação, sendo cada uma recomendada de acordo com o tamanho do agregado, e codificada com uma cor diferente, facilitando a identificação (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Especificação do retardador de acordo com o tamanho do agregado e profundidade desejada (Fonte: fabricante)

Tipo A			Tipo B		
Cor do retardador	Profundidade de ação	Tamanho do agregado (mm)	Cor do retardador	Profundidade de ação	Tamanho do agregado (mm)
Azul	Jato de areia leve	3	Amarelo	Leve	3-6
Laranja	Médio jato de areia	3	Lilás	Medianamente leve	6-10
Dourado	Leve	3-6	Rosa	Média	10-13
Lilás	Medianamente leve	6-10	bronze	Medianamente profunda	13-16
Rosa	média	10-13	Marrom	Profunda	16-19
bronze	Medianamente profunda	13-16	cinza	Muito profunda	>19

Em testes laboratoriais preliminares, a fim de se escolher qual produto seria adotado como tratamento superficial, dentre os tipos encontrados no mercado nacional, foram testados dois retardadores de pega de superfície do tipo B, amarelo e rosa, de profundidade de ação leve e média, respectivamente. No entanto, ambos deixaram o agregado graúdo demasiadamente exposto e fizeram com que as argamassas aplicadas apresentassem retração plástica e transporte de água por gravidade, conforme ilustrado nas figuras 5.14 e 5.15.

Figura 5.14 – Fissuras ainda no estado fresco

Figura 5.15 – Descolamento da argamassa fresca

Considerando-se que não só a rugosidade, mas também a porosidade é relevante na aderência do revestimento, se o agregado graúdo for demasiadamente exposto, a microancoragem será prejudicada, pois de acordo com SATO (1998), os agregados possuem baixa permeabilidade e a porosidade do concreto restringe-se à pasta e à interface entre a pasta e os agregados.

Com base nesse estudo preliminar, a escolha da profundidade de ação do retardador de pega se deu pela menor profundidade, por não expor demasiadamente o agregado graúdo. Optou-se então, por utilizar o tipo A de cor laranja, que dentre os encontrados no mercado, é o com menor profundidade de ação.

A aplicação foi feita com rolo e é indicada para ser feita em 2 demãos cruzadas, conforme recomendações do fabricante. O tempo de aplicação entre demãos foi de 10-20 minutos, ou o suficiente para que houvesse secagem ao toque. A segunda demão foi aplicada perpendicularmente à primeira. Após a secagem do produto, o concreto foi lançado.

Como uma medida de proteção das fôrmas metálicas foi usada uma lâmina de madeira internamente, onde foi aplicado o produto. Em seguida à desfôrma do concreto, o que ocorreu após 24 horas, efetuou-se a lavagem com água sob pressão, por hidrojateamento. Como a camada superficial de concreto, que contém o produto, foi removida por hidrojateamento, não houve influência do tipo de fôrma na superfície.

As figuras 5.16 a 5.19 ilustram a utilização do produto.

Figura 5.16 – Aplicação da primeira demão do retardador de pega de superfície

Figura 5.17 – Aplicação da segunda demão do retardador de pega de superfície

Figura 5.18 – Instalação das lâminas de madeira na fôrma metálica

Figura 5.19 – Concreto 45 MPa (fcj) com agregado exposto após lavagem com hidrojateamento – ampliação de 7,6 X

A figura 5.20 ilustra as superfícies dos concretos fc_{28} 25 MPa, 35 MPa e 45 MPa, com os diferentes tratamentos superficiais.

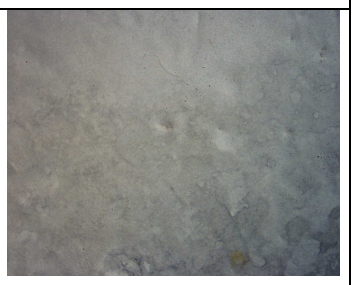
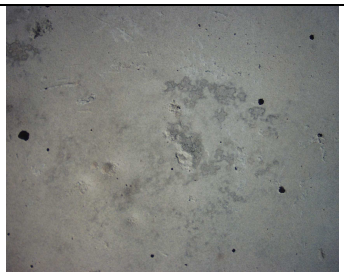
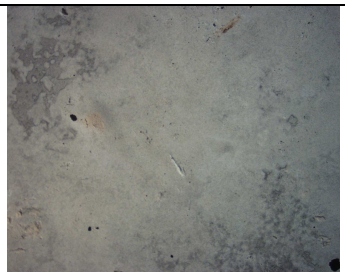
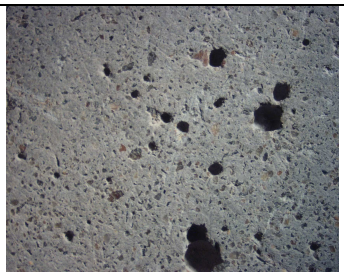
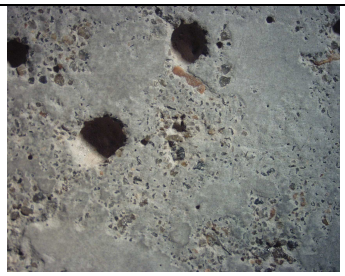
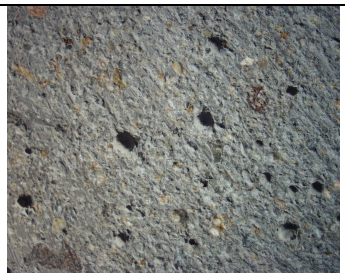
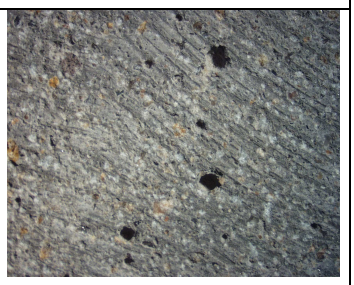
Concreto (fc28)	25 MPa	35 MPa	45 MPa
Sem tratamento			
lavado			
escovado			
lixado			
apicoado			
Retardador de pega de superfície			

Figura 5.20 – Imagens das superfícies de concreto tratadas, ampliadas em 7,6 x.

5.2.5 Caracterização dos Concretos Tratados Superficialmente

5.2.5.1 Rugosidade

Com o objetivo de caracterizar as rugosidades dos diferentes tratamentos superficiais, foram realizadas, através da técnica de digitalização Tridimensional a Laser, as aquisições de dados topográficos de superfícies. Para tanto foi utilizado o scanner tridimensional a Laser, marca Tecnodrill, modelo Digimill 3D (Figuras 5.21 e 5.22), instalado nas dependências do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O equipamento empregado foi desenvolvido em parceria do LdSM com a empresa Tecnodrill, de Novo Hamburgo – RS, durante projeto fomentado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP no ano de 2002. O software de operação do equipamento também é de produção local.

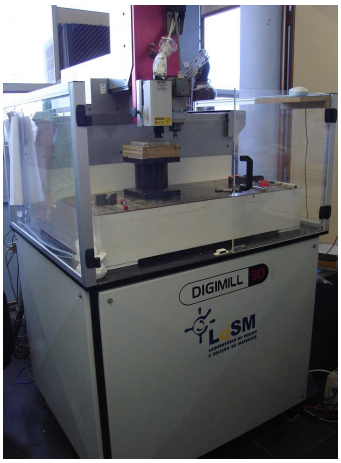


Figura 5.21 – Equipamento utilizado – Digimill 3D

Figura 5.22 – Detalhe do laser sobre o corpo-de-prova.

O princípio de funcionamento do scanner tridimensional a laser, que também atua como fresadora, consiste na movimentação de um cabeçote de digitalização sobre determinada peça no plano dos eixos x e y, que simultaneamente vai medindo a altura no eixo z. Como resultado da varredura são obtidos arquivos de texto com os pontos da superfície em coordenadas (x, y, z), ou seja, uma “nuvem” de pontos (SILVA, 2006).

A primeira etapa na digitalização é a escolha da lente a ser utilizada de acordo com a necessidade. No scanner 3D são usadas as lentes de 25mm, 75mm e 100mm. A lente de 25mm é indicada para relevos de até 1,8mm; a lente de 75mm, para relevos de até 18mm e a lente de 100mm para relevos de até 35mm. De acordo com a lente selecionada o equipamento pode operar em diferentes faixas de aquisição de dados. Estas faixas são menores à medida que é aumentada a resolução da lente, conforme é apresentado na tabela 5.11 (SILVA, 2006).

Tabela 5.11 – Características das lentes do scanner 3D a laser

Lente	25 mm	75 mm	100 mm
Precisão (µm)	0,2 a 3,0	4,36 a 10,0	5,2 a 15,0
Faixa de operação (mm)	12,656 a 14,496	59,558 a 77,737	78,051 a 113,10

Nessa pesquisa, a lente selecionada foi a de maior precisão, que é a de 25mm, a qual possui precisão máxima de 0,0002mm (0,2µm) e que trabalha com a menor faixa de operação. A faixa de operação define o comprimento da linha do perfil de rugosidade, que neste caso ficou entre 12,656 a 14,496 mm. A faixa de operação menor, garante maior resolução, ou seja, proximidade entre os pontos, que neste caso é de 0,0015 mm (1,5 µm) (SILVA, 2006).

A tela de configuração dos parâmetros do cabeçote Laser (Figura 5.23) apresenta a faixa de operação e a potência escolhida (o padrão do equipamento Digimill 3D é 65%) e, com base nestas, retorna a medida e um parâmetro de qualidade do sinal em percentagem.

O equipamento opera realizando uma varredura em uma linha definida por dois pontos. Para definir esta linha, posiciona-se o scanner em cada ponto desejado e seleciona-se estes pontos. Nesta etapa devem ser definidos a direção de digitalização (x ou y) e o espaçamento entre os pontos e entre as linhas (resolução). Uma vez que o cabeçote permite adquirir até 1000 pontos por segundo, o sistema ajusta automaticamente a velocidade de varredura de acordo com a resolução selecionada. O ajuste é realizado tomando como base o valor de 850 pontos por segundo, a fim de minimizar erros devido à velocidade de comunicação com o computador (SILVA, 2006).

A Figura 5.24 apresenta a tela de configuração dos parâmetros do processo de digitalização.

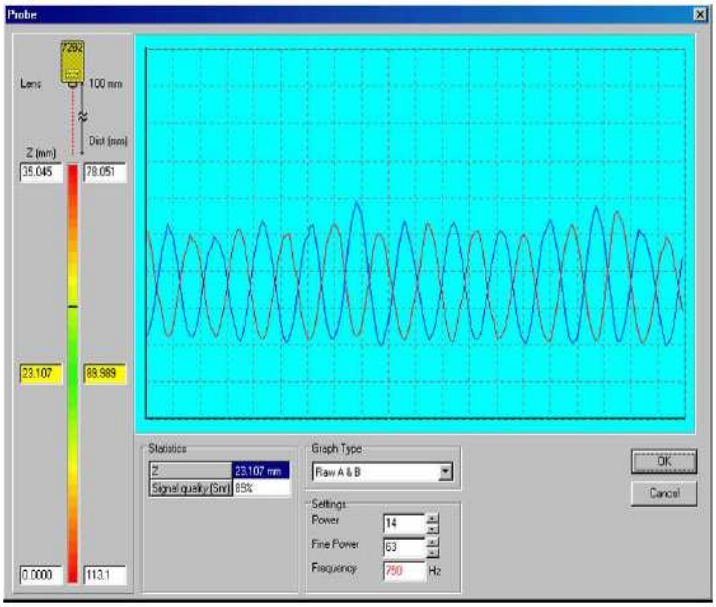


Figura 5.23 – tela de configuração dos parâmetros do cabeçote Laser

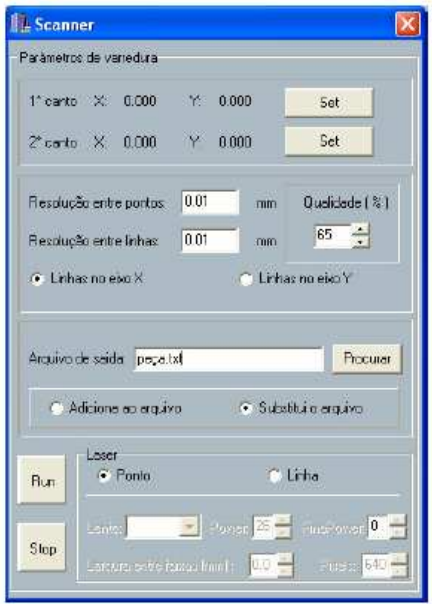


Figura 5.24 – tela de configuração dos parâmetros do processo de digitalização

Depois de configurados os parâmetros, inicia-se a digitalização. Os resultados constituem nuvens de pontos contendo os perfis de rugosidades digitalizados. Em média para cada linha de perfil de rugosidade foram gerados de 6.000 a 7.000 pontos para uma linha com aproximadamente 14 mm de comprimento em plano.

Para cada combinação de variáveis foram scanneadas quatro linhas, sendo duas ortogonais entre si.

Após digitalizar os perfis de rugosidade, realizou-se o processamento dos dados a fim de calcular os parâmetros de rugosidade. A nuvem de pontos gerada é salva em um arquivo de texto no formato txt. Para a geração da imagem do perfil de rugosidade e cálculo dos parâmetros de rugosidade foi utilizado um programa desenvolvido por SILVA (2006) (Figura 5.26), que utiliza a estrutura de servidor de Internet existente no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM). O cálculo é realizado informando-se a localização do arquivo txt e o valor do comprimento de amostragem (*cut-off*).

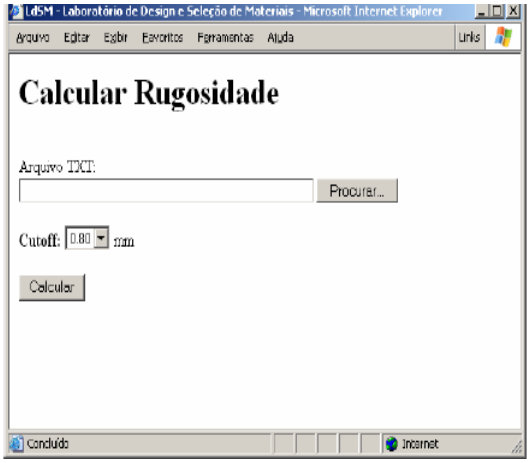


Figura 5.25 - Tela inicial do programa utilizado

A saída do programa utilizado (Figura 5.26) fornece na parte superior da tela uma imagem dinâmica com o perfil de rugosidade. Esta imagem pode sofrer alterações de escala conforme operação do usuário e também pode ser percorrida no eixo x através de uma barra de rolagem. Abaixo desta imagem, à esquerda são exibidos os pontos digitalizados, ao centro os dados de cada *cut-off* e à direita os resultados finais da medição, com os valores médios dos parâmetros.

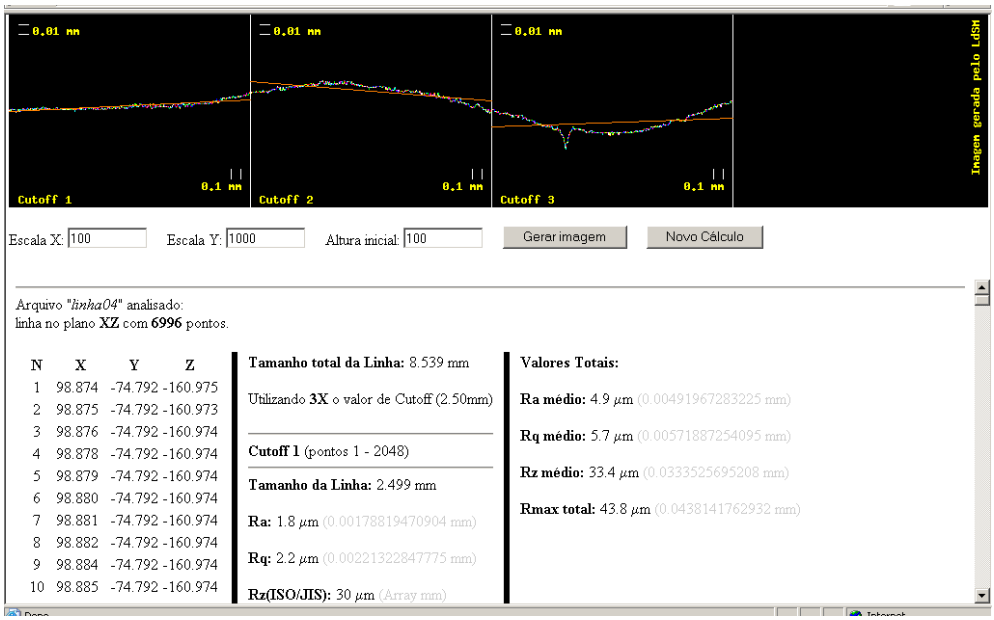


Figura 5.26 – Fornecimento de dados do programa utilizado

Como inicialmente não se sabia a grandeza dos parâmetros de rugosidade (principalmente a rugosidade média Ra), calculou-se todas as rugosidades, para todos os tratamentos superficiais, com o valor de *cut-off* de 0,8 mm (padrão). Para cada amostra foram analisadas 4 linhas, sendo 2 para cada direção (eixo x e eixo y).

Com o valor de Ra informado a partir do *cut-off* padrão, verificou-se para esses valores, quais seriam os *cut-off* tabelados pela ISO 4288/1996 – Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Rules and procedures for the assessment of surface texture, que deveriam ser utilizados.

Para cada linha, o *cut-off* padrão gerou 10 intervalos do perfil nos quais seriam calculados os parâmetros de rugosidade individuais. Para cada 5 valores individuais o programa gera um valor médio para cada parâmetro.

Com os valores médio finais calculados pelo programa, entrou-se com esses valores na tabela da ISO 4288/1996, que fornece o valor correto de *cut-off* a ser adotado, e num processo iterativo calculou-se novamente os parâmetros de rugosidade. Dessa forma, os substratos sem tratamento e substratos somente lavado permaneceram com o cut-off de 0,8 mm, enquanto que o substrato escovado teve seu *cut-off* alterado para 2,5 mm e os demais tratamentos (lixado, apicoado e retardador de pega) tiveram o *cut-off* alterado para 8,0 mm.

Salienta-se que o parâmetro Rmax foi obtido do maior valor entre todos os obtidos e não a média como nos demais parâmetros.

Como o objetivo era quantificar a rugosidade, não foram amostrados os substratos contendo desmoldante, pois sua influência na rugosidade foi considerada desprezível nesse nível de grandeza de análise.

5.2.5.2 Área Potencial de Contato

A digitalização das superfícies tratadas de concreto ocorreu também com a utilização do scanner tridimensional a Laser já descrito no item 5.2.5.1. As superfícies foram scanneadas numa área em projeção (superfície geométrica – SG) de 30 x 30 mm

Conforme comentado anteriormente, a primeira etapa na digitalização é a escolha da lente a ser utilizada. Como o objetivo era se obter o aumento de área específica gerada pelos diferentes tratamentos, a lente foi escolhida de acordo com a maior faixa de operação, que nesse caso é a lente de 100 mm, que possui uma precisão máxima de 5,2µm.

Para a maioria das aplicações é utilizada a lente de 100mm, devendo-se isto a sua boa resolução e grande faixa de trabalho, proporcionando uma maior velocidade de digitalização (SILVA, 2006).

Da mesma forma que na obtenção dos parâmetros de rugosidade, as superfícies foram digitalmente geradas através da “nuvem” de pontos. Geometricamente, os dados foram processados como coordenadas da superfície no espaço tridimensional (x,y,z). Uma varredura superficial pode retornar milhares de pontos, de acordo com o tamanho da área

analisada e o espaçamento entre pontos utilizado. Para as áreas scanneadas com dimensões de 30x30mm foram gerados em média de 300.000 a 400.000 pontos.

A digitalização tridimensional a Laser é mais precisa e rápida do que os sistemas com contato, porém depende de alguns fatores, como opacidade e cor da superfície a ser digitalizada (scanneada) (SILVA, 2006). Portanto, no tratamento superficial em que foi utilizado o retardador de pega de superfície, que expõe a superfície dos grãos de areia, foi usado um revelador não aquoso, de um preparado químico, aplicado na forma de aerossol, da marca Metal-Chek, indicado para detecção de descontinuidades por meio de ensaio não destrutivo, a fim de garantir a opacidade da superfície.

Uma vez realizada a digitalização, parte-se para o processamento dos dados adquiridos. A primeira etapa no processamento da nuvem de pontos é a exclusão dos pontos desnecessários, geralmente pertencentes a dispositivos de apoio e fixação da peça, ou mesmo à mesa do scanner. As etapas seguintes necessitam de softwares específicos para o processamento de nuvens de pontos. (SILVA, 2006)

A “nuvem” de pontos (Figura 5.27) foi então filtrada e processada em superfície no programa *Geomagic Studio 8*. A primeira etapa consiste em filtrar os pontos obtidos pela digitalização, de modo a eliminar ruídos (fontes de erro). O uso de filtros torna-se também importante para reduzir o tamanho dos arquivos, facilitando sua posterior manipulação.

Primeiramente é realizada a passagem de um filtro (com controle de sensibilidade) o qual elimina os pontos que estejam fora dos padrões, ou seja, destoando dos demais, e a passagem de outro filtro que permite a redução do ruído inerente ao processo de digitalização. Por fim pode ser realizada mais uma filtragem para reduzir o número total de pontos, finalizando a edição da nuvem de pontos. A partir da nuvem de pontos filtrada é possível construir uma malha de melhor qualidade. (SILVA, 2006)

A etapa seguinte consiste em unir os pontos três a três formando inúmeros triângulos, criando-se assim uma malha tridimensional da superfície (Figura 5.28). Em média cada superfície foi gerada a partir da união de 600.000 a 700.000 pontos.

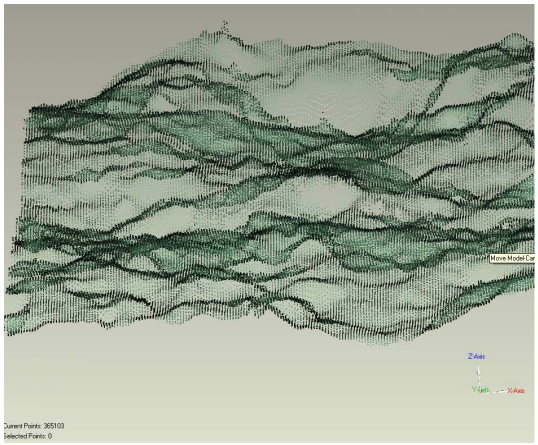


Figura 5.27 – “Nuvem” de pontos aberta no software do próprio equipamento

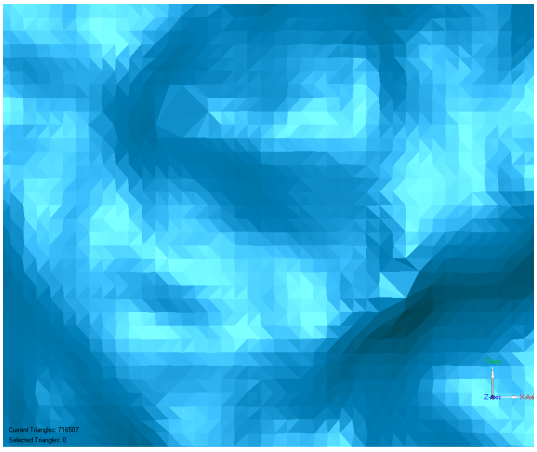


Figura 5.28 – Zoom na imagem gerada mostrando a malha tridimensional de triângulos

Normalmente na malha gerada há a presença de algumas descontinuidades (furos) que precisam ser corrigidas. O fechamento de furos ocorre pela interpolação de pontos (vértices dos triângulos) seguindo a curvatura de suas regiões adjacentes. Pode-se aplicar um filtro para redução do número de triângulos com vistas a obter uma malha mais leve e fácil de manipular. Eventuais intersecções entre triângulos também devem ser removidas, o que é realizado excluindo os triângulos em intersecção e realizando uma operação de fechamento de furos. Por fim pode-se realizar uma suavização na malha, ou seja, a re-orientação de alguns triângulos tornando suas arestas mais tangentes à vizinhança, operação que melhora o aspecto da superfície (SILVA, 2006). O programa utilizado apresenta as ferramentas necessárias para uma perfeita geração da superfície.

As figuras 5.29 e 5.30 mostram a superfície final gerada do concreto tratado com o Retardador de Pega de Superfície onde os agregados são fielmente representados.

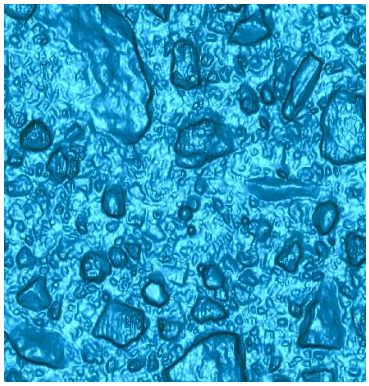


Figura 5.29 – Vista superior da superfície de concreto tratada com retardador de pega

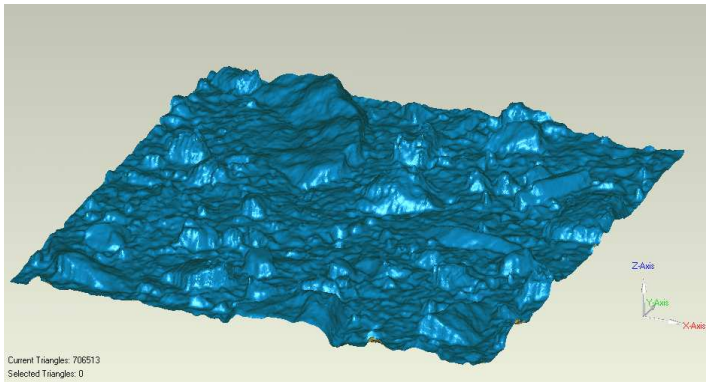


Figura 5.30 – Vista em três dimensões da superfície de concreto tratada com retardador de pega

A Figura 5.31 ilustra o processamento realizado para a obtenção das nuvens de pontos digitalizadas.

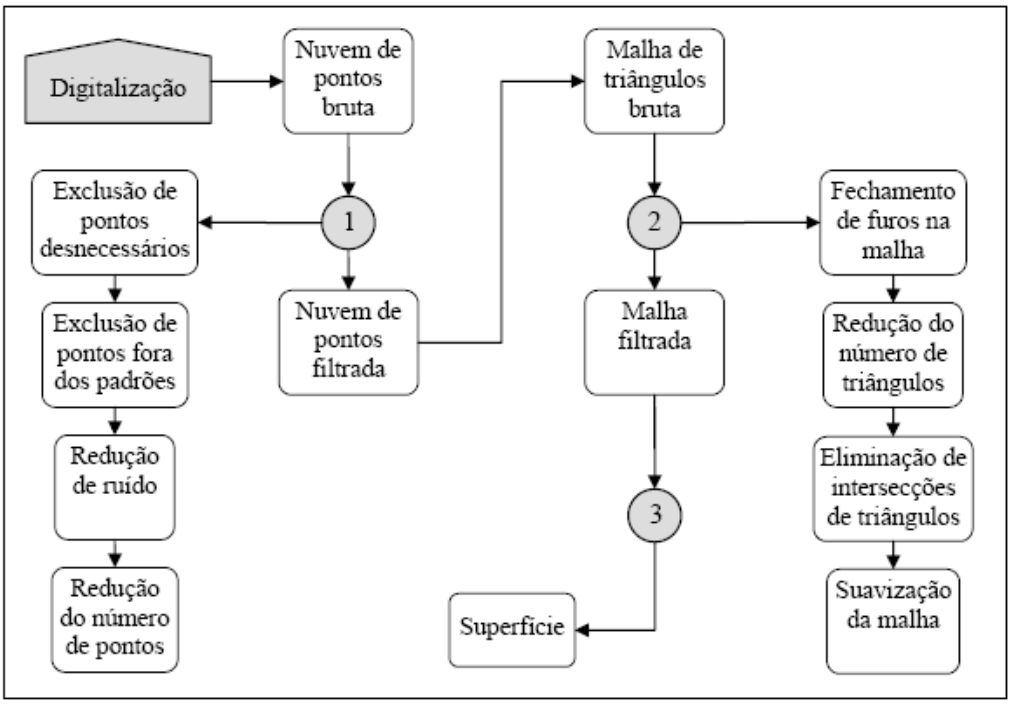


Figura 5.31 – Processamento da nuvem de pontos obtida através da digitalização 3D a Laser – extraído de SILVA (2006)

Após as verificações e correções o arquivo é salvo no formato STL (de STereoLithography). Arquivos com dados de malhas de triângulos planos, os quais também contém informações sobre os vértices e as normais de cada triângulo, são salvos nesse formato que é o formato padrão na indústria para os sistemas de Prototipagem Rápida (SILVA, 2006).

Por fim, para calcular-se a área específica de cada tratamento correspondente à área em plano de 30x30mm utilizou-se o programa *Rhinoceros*, que também fornece a real medida em plano da área scanneada pelo laser.

Da mesma forma que na obtenção dos parâmetros de rugosidade, não foram amostrados os substratos contendo desmoldante, pois sua influência na área superfícial foi considerada desprezível nesse nível de grandeza de análise.

5.2.5.3 Ensaio de Penetração de Água por Sucção Capilar

A sucção capilar dos substratos de concreto foi obtida pelo método preconizado por KELHAM (1988), no qual avalia-se a penetração de água por sucção capilar de uma superfície ao longo do tempo.

Para esse ensaio foram moldados corpos-de-prova prismáticos de dimensões 100x100x200mm. As moldagens foram realizadas conjuntamente com os prismas para o ensaio de resistência de aderência. No entanto como o número de corpos-de-prova necessário era menor, pois a avaliação seria feita somente no substrato e não na

combinação substrato/revestimento, não moldou-se em todas as concretagens, o que permitiu o uso de fôrmas de madeira plastificadas, já que o reuso das fôrmas seria menor. No caso dos corpos-de-prova a serem ensaiados sem desmoldante, as fôrmas foram forradas por um filme plástico para evitar qualquer aderência do concreto nessas fôrmas. O plástico empregado foi com espessura suficiente para que não enrugasse, de forma a não influenciar a rugosidade da superfície.

Após a moldagem, os corpos-de-prova foram mantidos por um dia ao ar em ambiente de laboratório, até a desfôrma, sendo posteriormente levados para a câmara úmida, com umidade superior a 95% e temperatura 23±2ºC, onde foram curados até completar a idade de 27 dias, quando então receberam o tratamento superficial, exceto o retardador de pega de superfície, que foi aplicado na fôrma previamente à concretagem, conforme explicado no item 2.2.4.5.

Após o tratamento superficial, os corpos-de-prova foram removidos da câmara úmida e serrados, de forma a se obter novos corpos-de-prova com dimensões de 100x100x25mm. A face a ser ensaiada foi aquela em contato com a fôrma, com dimensões de 100x100 mm. O corte foi executado com uma serra de corte diamantada. Para cada tratamento superficial foram obtidos dois corpos-de-prova.

Os corpos-de-prova foram então secos em estufa a 50±10ºC, até atingirem constância de massa, diferença menor que 0,1% entre as pesagens realizadas a cada 24 horas. Após a secagem dos corpos-de-prova foi feito o resfriamento em recipiente fechado com sílica gel.

Após o resfriamento foram tomadas as dimensões dos corpos-de-prova, as quais seriam necessárias para o posterior cálculo da taxa de absorção e resistência capilar.

Como esse ensaio avalia a sucção somente da face em contato com a água, é necessário impermeabilizar as laterais, bem como a face superior (oposta à face de ensaio), pois o corpo-de-prova fica completamente imerso em água.

Primeiramente impermeabilizou-se as laterais com resina epóxi, tomando-se o cuidado de não deixar nenhum ponto da superfície a ser ensaiada em contato coma resina. Em seguida, reforçou-se as arestas, pois são pontos críticos de penetração de água. Após a aplicação da resina, deixou-se secar por um período de 24h em recipiente fechado com sílica gel.

Posteriormente procedeu-se à impermeabilização da face oposta a de ensaio. Para tanto foi posicionada uma placa de PVC com um cano plástico transparente de 2mm, a fim de garantir a pressão atmosférica, formando assim uma pequena câmara de ar na parte

superior do corpo-de-prova. Esta placa foi fixada ao corpo-de-prova através de selante elastomérico base poliuretano.

Após a secagem do selante e verificação da estanqueidade do corpo-de-prova (cujo teste é feito assoprando-se o cano plástico, não devendo ter saída de ar) iniciou-se o ensaio.

O ensaio foi realizado com o uso de uma balança hidrostática, montada sobre um dispositivo composto de uma cesta sobre a qual se posiciona o corpo-de-prova submerso em água e um apoio na balança para sustentar a cesta. Este sistema foi montado sobre uma caixa com água, cujo nível foi mantido constante durante todo o ensaio, o que foi garantido através de drenos laterais para fuga do excesso de água eventualmente provenientes de se completar o volume perdido por evaporação.

A Figura 5.32 ilustra o sistema montado para o ensaio.

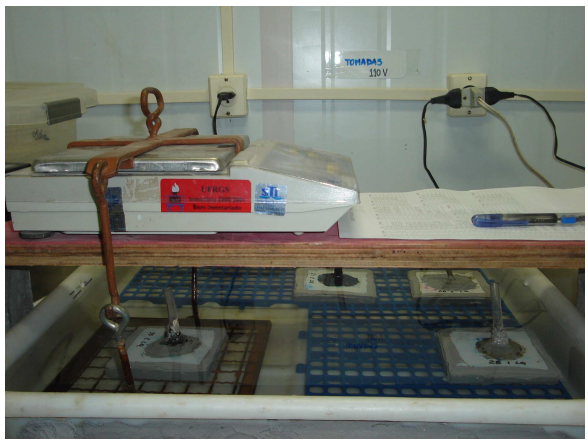


Figura 5.32 – Sistema montado para execução do ensaio de sucção capilar

Após o corpo-de-prova ser colocado em água, foram feitas as leituras de massa após 2, 5,10,15 e 30 min e 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 h. Uma vez iniciado do ensaio, o corpo-de-prova não pode ser retirado da água, sendo o ensaio foi prosseguido até a saturação total do corpo-de-prova, cuja diferença de massa não deve ser maior que 0,5%.

A importância das leituras serem feitas nesses intervalos é para obter uma melhor correlação das retas traçadas e determinar com maior precisão possível o ponto de mudança entre absorção e saturação (ponto de mudança de inclinação das retas), principalmente a leitura das 12 horas, que é quando geralmente ocorre essa mudança.

Com os dados das leituras, posteriormente traçou-se as retas de absorção (primeiro trecho) e saturação (onde ocorre a mudança de atenuação de inclinação) de cada tratamento para cada concreto (Figura 5.33) e calculou-se as taxas de absorção e resistência capilar.

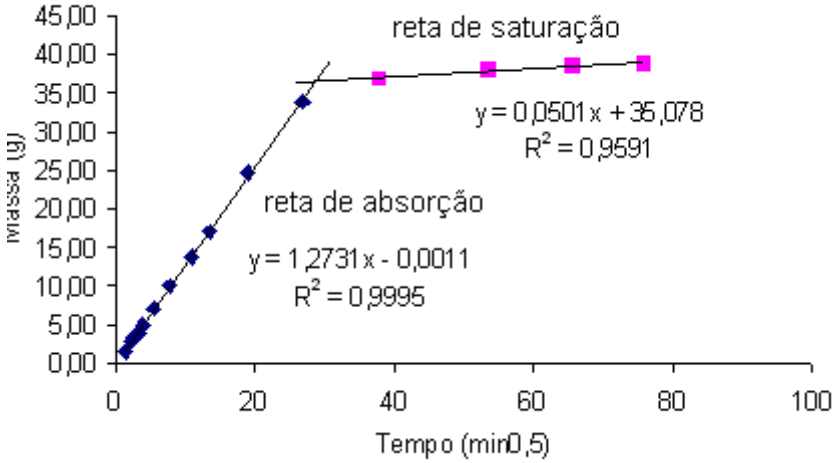


Figura 5.33 – Exemplo de gráfico resultado do ensaio de sucção capilar, contendo as retas de absorção e saturação - (concreto fcj 25 MPa apicoado)

5.3 CAMADA DE PREPARO - CHAPISCO

Visando comparar o desempenho dos diferentes tratamentos superficiais em conjunto com as argamassas de chapisco, foram testadas duas argamassas de chapisco: chapisco convencional de obra e chapisco industrializado.

5.3.1 Materiais Empregados

Para a argamassa de chapisco convencional, o proporcionamento do cimento e da areia foi feita em massa, no traço 1:5,67 (cimento:areia seca). A água foi a mínima para garantir a trabalhabilidade e lançamento por parte do pedreiro, sendo resultante uma relação água/cimento (a/c) de 1,15, o que garantiu uma consistência de 280 ± 10 mm, segundo ensaio NBR13276/2005 e espessura de 5 mm para a camada de chapisco.

A argamassa de chapisco industrializada foi o chapisco adesivo para concreto. Tanto a proporção água/materiais secos, que foi de 0,21 l/kg, quanto a técnica de aplicação com desempenadeira metálica, seguiram as recomendações do fabricante.

5.3.2 Caracterização das Argamassas de Chapisco

Para a caracterização das argamassas de chapisco no estado fresco foram realizados os ensaios para a determinação do índice de consistência, que foi realizado a cada dia de aplicação da argamassa, servindo como um parâmetro de controle, e também os ensaios para determinação da retenção de água e densidade de massa, e teor de ar incorporado, que foram realizados em determinados dias de aplicação do chapisco, garantindo algumas repetições.

Para a caracterização das argamassas no estado endurecido foram realizados os ensaios para a determinação da resistência à flexão e à compressão, e também o ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade, cujos corpos-de-prova foram moldados a cada dia de aplicação da argamassa e os ensaios realizados aos 28 dias.

O cimento e a areia utilizados no chapisco convencional foram os mesmos empregados na produção do concreto, portanto a caracterização desses materiais já foi apresentada no item 5.2.1.

A tabela 5.12 apresenta os resultados médios dos ensaios de caracterização, bem como a classificação segundo a NBR 13281/2005,que classifica em classes de 1 a 6.

Os valores individuais dos ensaios de caracterização das argamassas de chapisco estão apresentados no Apêndice A.

Tabela 5.12 – Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas de chapisco

ENSAIO	NORMA NBR	Chapisco convencional		Chapisco industrializado	
		RESULTADOS	Cl	RESULTADOS	Cl
Índice de consistência	13276/2002	280 ± 10 mm	—	190 ± 10 mm	—
Retenção de água	13277/1995*	76 %	U2	100 %	U6
Densidade de massa	13278/2005	2,10 g/cm³	D5	1,98 g/cm³	D4
Teor de ar incorporado		1 %	—	8 %	—
Resistência à Flexão	13279/2005	1,96 MPa	R2	4,96 MPa	R6
Resistência à compressão		6,25 MPa	P4	14,82 MPa	P6
Absorção por capilaridade – A10	15259/2005	0,34 g/cm²	—	0,10 g/cm²	—
Absorção por capilaridade – A90		0,88 g/cm²	—	0,25 g/cm²	—
Coeficiente de capilaridade – C		8,63 g/dm².min$^{1/2}$	C5	2,36 g/dm².min$^{1/2}$	C3

Cl = Classificação conforme NBR 13281/2005.

(*) a norma NBR 13277 possui atualização de dezembro de 2005, no entanto quando os ensaios foram realizados, a versão de 1995 ainda estava em vigor.

A figura 5.34 ilustra a absorção de água por capilaridade aos 90 minutos de ensaio dos dois tipos de chapisco empregados.

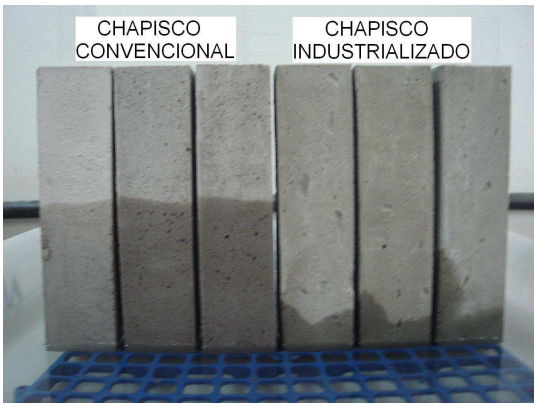


Figura 5.34 – Aspectos do corpos-de-prova com as diferentes argamassas de chapisco após os 90 min do ensaio de capilaridade

Como se pode observar, o chapisco industrializado possui baixa absorção por capilaridade, o que pode ser um dos fatores a influenciar na aderência da argamassa de revestimento.

5.3.3 Preparo e Aplicação das Argamassas de Chapisco

A camada de chapisco foi realizada 24 horas após a execução dos tratamentos superficiais nos substratos de concreto e aos 28 dias de idade do concreto.

As argamassas foram misturadas em betoneira de eixo inclinado com capacidade nominal de 100 litros. Previamente à colocação dos materiais à betoneira foi feito um pré-umedecimento de suas paredes internas, a fim de evitar a perda de água das argamassas.

A ordem de colocação dos materiais foi a seguinte:

a) colocação de 25 por cento da quantidade total de água, evitando que a argamassa aderisse às paredes da betoneira;

b) colocação dos materiais secos. Os materiais secos do chapisco convencional (cimento e areia) foram previamente misturados antes de serem misturados à água;

c) colocação do restante da água, a fim de evitar o levantamento de finos da mistura e eventual perda de material aglomerante.

A mistura do chapisco convencional foi feita por um período inicial de 2 minutos, sendo feito um repouso de 1 minuto, para a raspagem de material seco aderido à betoneira, e uma mistura final por mais 1 minuto.

Para o chapisco industrializado, o tempo de mistura inicial foi reduzido a um minuto, pois foi observada a adesão da argamassa nas paredes da betoneira após esse período devido a grande coesão da argamassa, provavelmente pela grande quantidade de aditivos e resinas empregados, o que impediu a mistura da argamassa por tempos maiores.

As argamassas de chapisco foram então aplicadas aos 28 dias de idade do substrato de concreto, dentro de câmara climatizada, a 23 ± 2º C e umidade relativa de 60 ± 10%, a fim de evitar a movimentação dos prismas e garantir a cura adequada por um período de três dias, quando então foi aplicada a argamassa de revestimento (camada única).

A aplicação do chapisco industrializado se deu por desempenadeira metálica denteada 6 x 6 x 6 mm, sendo feita uma prévia imprimação do substrato por uma fina camada de chapisco aplicada com o lado liso da desempenadeira (Figura 5.35), conforme orientação do fabricante. Após essa imprimação, foi aplicada uma camada espessa de argamassa, também aplicada com o lado liso da desempenadeira, e por fim passado o lado denteado da desempenadeira para garantir as ranhuras formadas por esse tipo de chapisco (Figura

5.36). Os procedimentos adotados foram de acordo com treinamento realizado junto ao fabricante.

Figura 5.35 – Imprimação do substrato com o chapisco industrializado

Figura 5.36 – Aspecto final do chapisco industrializado

O chapisco convencional foi aplicado por lançamento manual com colher de pedreiro, uma espessura média de 5 mm.

5.4 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Três dias após a aplicação do chapisco foi aplicada a argamassa de revestimento, em camada única, que consistiu em uma argamassa industrializada múltiplo uso.

Objetivando um melhor conhecimento da argamassa empregada, foi feito um estudo preliminar obedecendo todo o programa experimental, quanto aos ensaios, que se encontra detalhado no Apêndice C. Esse estudo preliminar proporcionou aperfeiçoar as técnicas empregadas, bem como as características da argamassa de revestimento.

5.4.1 Caracterização da Argamassa de Revestimento

A argamassa de revestimento consistiu em uma argamassa industrializada de múltiplo uso, aplicada em camada única, com espessura de camada de 20,0 mm. A relação água/materiais secos foi fixada em 0,166 l/kg, de acordo com a consistência padrão de 255±10 mm e conforme a recomendação do fabricante.

Para a caracterização da argamassa de revestimento foram realizados os mesmos ensaios realizados para caracterizar os chapiscos, os quais apresentam-se na tabela 5.13, que também apresenta a classificação segundo a NBR 13281/2005.

Os valores individuais dos ensaios de caracterização da argamassa de revestimento estão apresentados no Apêndice A.

Tabela 5.13 – Resultados dos ensaios de caracterização física e mecânica das argamassas de revestimento – valores médios

ENSAIO	NORMA NBR	RESULTADOS	Cl
Índice de consistência	13276/2002	240 mm	—
Retenção de água	13277/1995*	95%	U5
Densidade de massa	13278/2005	1,66 g/cm³	D4
Teor de ar incorporado		26 %	—
Resistência à Flexão	13279/2005	1,65 MPa	R2
Resistência à compressão		3,31 MPa	P4
Absorção por capilaridade – A10	15259/2005	0,30 g/cm²	—
Absorção por capilaridade – A90		0,78 g/cm²	—
Coeficiente de capilaridade – C		7,78 g/dm2.min1/2	C5

Cl = Classificação conforme NBR 13281/2005.

(*) a norma NBR 13277 possui atualização de dezembro de 2005, no entanto, quando os ensaios foram realizados, a versão de 1995 ainda estava em vigor.

5.4.2 Preparo e Aplicação da Argamassa de Revestimento

A mistura da argamassa foi feita em betoneira de eixo vertical, com movimento planetário similar ao misturador de argamassa recomendado por norma para ensaios laboratoriais. A mistura foi feita por um período inicial de 1 minuto, sendo feito um repouso de 1 minuto e uma mistura final por mais 1 minuto.

A aplicação da argamassa foi aos 3 dias de idade do chapisco, dentro de câmara climatizada, a 23±2º C e umidade relativa de 60±10%, a fim de evitar a movimentação dos prismas e garantir a cura controlada por um período de vinte e seis dias, quando então se faziam os cortes e a colagem das pastilhas para o ensaio de resistência de aderência à tração.

Para garantir espessura constante do revestimento (20 mm), foi empregado um gabarito de madeira fixado nas laterais do prisma de concreto.

Ao se utilizar chapisco industrializado, a argamassa de revestimento foi executada aplicando-se com o lado liso da desempenadeira de forma a preencher as cavidades entre os dentes do chapisco industrializado, previamente ao lançamento manual pelo pedreiro.

Ao se utilizar chapisco convencional, a aplicação se deu por lançamento manual apenas.

5.5 ENSAIOS

5.5.1 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

A resistência de aderência à tração dos revestimentos foi avaliada conforme prescreve a NBR 13528/1995 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, na idade de 28 dias das argamassas de revestimento.

A NBR 13528/1995, recomenda no mínimo seis corpos-de-prova para o ensaio, já a NBR 15258/2005 – Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração, cujo ensaio é realizado em substrato padrão, determina que o número de corpos-de-prova seja 10.

Com base nessas informações, os prismas foram projetados para ensaiar 12 corpos-de-prova, prevendo-se perdas por problemas de ensaio.

Dois dias antes da execução do ensaio, eram feitos os cortes dos corpos-de-prova, com auxílio de uma serra-copo com bordas diamantadas e eixo central, com 55 mm de diâmetro, acoplado a uma furadeira fixada em uma base de madeira. Essa base de madeira possui regulagem de altura e corrediças metálicas para garantir a horizontalidade do corte, a medida que a furadeira ia avançando no furo, garantindo a estabilidade da serra e evitando vibrações prejudiciais à integridade do revestimento (Figuras 5.37 e 5.38). O corte foi executado a seco até uma profundidade de 2 à 3 mm da superfície do substrato, observando-se para que a distância entre os corpos-de-prova cortados, ou entre estes e os bordos da base fosse, no mínimo, 50 mm, conforme recomendações da norma.

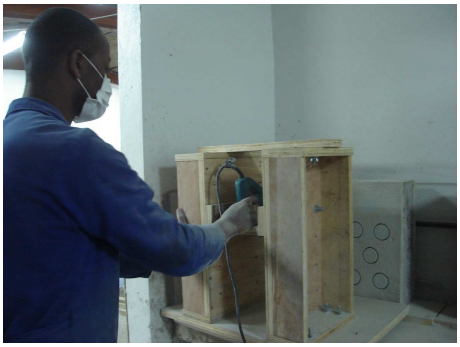


Figura 5.37 – Corte dos corpos-de-prova para o ensaio de resistência de aderência

Figura 5.38 – Vista lateral do corte onde se verifica a horizontalidade do corte

No dia seguinte era realizada a colagem das pastilhas circulares de aço com diâmetro 50 mm sobre cada corpo-de-prova, com cola resistente de base epóxi e de secagem rápida (10 minutos).

Aos 28 dias de cura da argamassa de revestimento foi realizado o ensaio. Por dia foram ensaiados 72 corpos-de-prova referentes a seis faces de prismas. O equipamento utilizado (Figura 5.39) possui capacidade de arrancamento até 1.000kgf e a velocidade de aplicação de carga utilizada foi de 0,5 kgf/s, que é a menor permitida pelo aparelho, pois a norma especifica que a aplicação de carga deve ser lenta e progressiva.

Foram registrados, para cada corpo-de-prova, além do valor da carga de ruptura, a forma de ruptura e também foi realizado o registro fotográfico de todos os corpos-de-prova rompidos, como mostra a Figura 5.40.

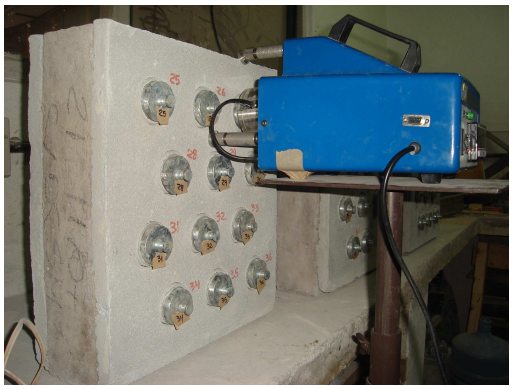


Figura 5.39 – Ensaio de resistência de aderência

Figura 5.40 – Detalhe de ruptura em corpo-de-prova

5.5.2 Avaliação da Extensão de Aderência Através de Lupa Estereoscópica

Para as análises da extensão de aderência foram extraídas amostras com equipamento extrator de testemunhos de concreto com coroa diamantada (Figuras 5.41 e 5.42). Nesse equipamento foi acoplada uma perfuratriz com coroa com bordas diamantadas, com diâmetro de perfuração de 50 mm.

Figura 5.41 – Extração das amostras para avaliação da extensão de aderência

Figura 5.42 – Detalhe da extração das amostras para avaliação da extensão de aderência

O corte foi realizado com percolação de água o que fez com que as amostras (Figura 5.43) fossem levadas à estufa a baixa temperatura (± 60º C) até a secagem total das amostras, quando então foram conservadas em uma caixa fechada contendo sílica gel para evitar a reabsorção de umidade.

As análises foram então feitas através de lupa estereoscópica, marca Olympus, modelo SZ-CTV, com câmera digital acoplada da mesma marca, modelo DP11 (Figura 5.44).

As imagens foram obtidas com ampliações de 7,6 x, 10 x e 20 x, analisando-se visualmente a extensão de aderência nas interfaces chapisco/concreto e argamassa de revestimento/chapisco.

Figura 5.43 – amostra extraída para análise da extensão de aderência

Figura 5.44 – Lupa estereoscópica utilizada

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos em todo o programa experimental, bem como as análises visuais das imagens, dos gráficos e as análises estatísticas. Os resultados estão expressos em seus valores médios, devido a grande quantidade de dados obtidos, que são apresentados nos apêndices B a F.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS DO CONCRETO

As superfícies de concreto tratadas foram avaliadas quanto à rugosidade e à sucção capilar. A caracterização das superfícies de concreto, quanto à rugosidade, foi realizada em duas e em três dimensões. A caracterização em duas dimensões foi realizada a fim de se obter os parâmetros normalizados. A caracterização em três dimensões foi realizada por fornecer, de forma quantitativa, o acréscimo de área potencial de contato.

Os resultados parciais da caracterização estão apresentados no Apêndice B e os perfis de rugosidade de todas as linhas avaliadas encontram-se no Apêndice E.

6.1.1 Rugosidade

Para a determinação dos parâmetros de rugosidade Ra, Rz, Rq e Rmax, dos diferentes tratamentos superficiais realizados nos diferentes concretos, foram feitas duas iterações. A primeira, para se descobrir qual o *cut-off* seria adotado de acordo com a ISO 4288/1996, e a segunda, realizada com os valores de *cut-off* tabelados.

Como foi definido ser utilizada a precisão máxima do scanner para se obter um perfil mais próximo do real - o que seria garantido com o máximo número de pontos com o menor espaçamento entre pontos - as linhas scanneadas ficaram com 14 mm de comprimento para o percurso de medição (Lm). Portanto, para se obter uma linha maior, teria-se de diminuir a precisão, e conseqüentemente aumentaria-se o espaçamento entre os pontos, o que poderia fazer com que o scanner não captasse alguns poros (Figura 6.3), não representando corretamente o perfil de rugosidade.

Dessa forma, para os concretos sem tratamento e para o tratamento lavado (Figuras 6.1 e 6.2) de acordo com o *cut-off* tabelado, foram gerados 10 comprimentos de amostragem (Le), o que possibilitou a geração de duas médias, sob as quais calculou-se uma nova média. Para o tratamento escovado (Figura 6.3), em que o *cut-off* tabelado foi maior, foram

gerados 3 comprimentos de amostragem, enquanto que para os tratamentos mais rugosos, como é o caso do lixado, do apicoado e do retardador de pega (Figuras 6.4 a 6.6), que requerem um *cut-off* mais elevado, o percurso de medição gerou somente um valor de cada parâmetro de rugosidade por linha. Para esses tratamentos mais rugosos o comprimento total da linha deveria ser 5 vezes maior que o *cut-off* utilizado, o que para os tratamentos que requeriam um *cut-off* de 8 mm, a linha deveria ter 40 mm.

Salienta-se que os perfis foram gerados em escala de 0,1 mm x 0,1 mm (vertical x horizontal), exceto os perfis referentes aos substratos sem tratamento e lavado, que ao serem gerados com essa escala dificultam a visualização dos parâmetros. Portanto para os substratos sem tratamento e lavado, foram geradas imagens também na escala 0,01 mm x 0,1 mm, a fim de melhor se visualizar os parâmetros.

A seguir, são apresentados os perfis de rugosidade de cada tratamento superficial, sendo que são apresentados apenas uma linha de cada tratamento. As demais linhas estão apresentadas no Apêndice E.

Nas figuras 6.1 e 6.2 é apresentado o perfil da linha 1 referente ao concreto 25 MPa sem tratamento, nas escalas verticais de 0,1 mm e 0,01 mm, respectivamente, sendo que a primeira foi gerada com o *cut-off* de 2,5 mm e a segunda com o *cut-off* de 0,8 mm, que é o tabelado e que foi utilizado na determinação dos parâmetros.

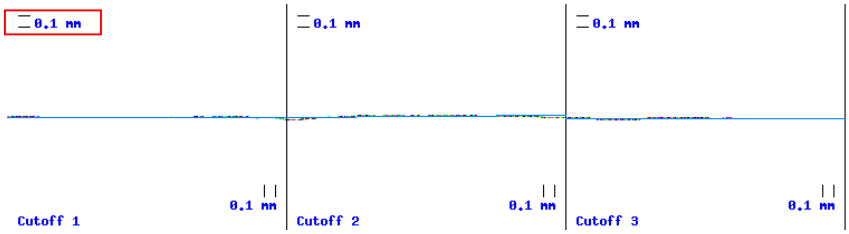


Figura 6.1 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, sem tratamento, linha 1, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

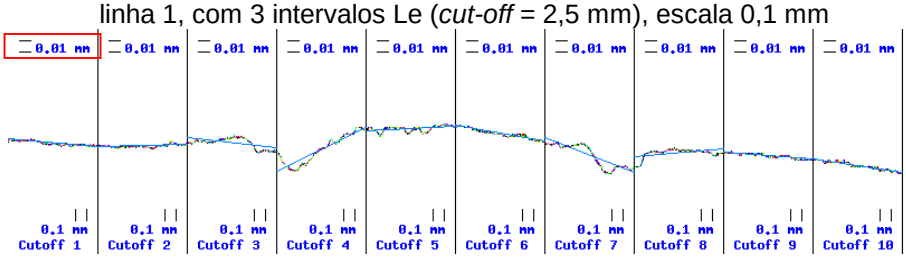


Figura 6.2 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, sem tratamento, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm

Da mesma forma que no substrato sem tratamento, para o substrato lavado também foi gerada a imagem dos perfis nas escalas 0,1 mm x 0,1 mm e 0,01 x 0,1 mm (Figuras 6.3 e 6.4 , respectivamente).

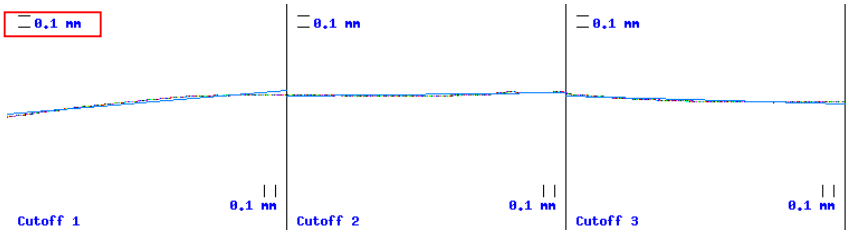


Figura 6.3 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, lavado, linha 2, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

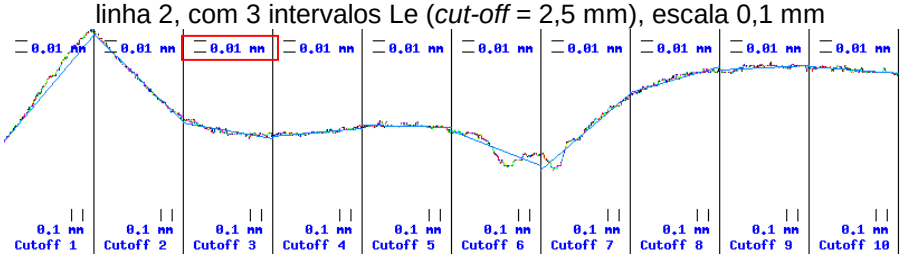


Figura 6.4 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, lavado, linha 2, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm

As figuras 6.5 a 6.8 apresentam os perfis dos substratos do concreto 25 MPa tratados com escovação, lixamento, retardador de pega e apicoado. Como a rugosidade já é visível com a escala 0,1 mm x 0,1 mm, não foram geradas imagens com a escala vertical de 0,01 mm. Os *cut-off*s representados são os tabelados utilizados na obtenção dos parâmetros.

Figura 6.5 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, escovado, linha 1, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), (no detalhe, poro) escala 0,1 mm

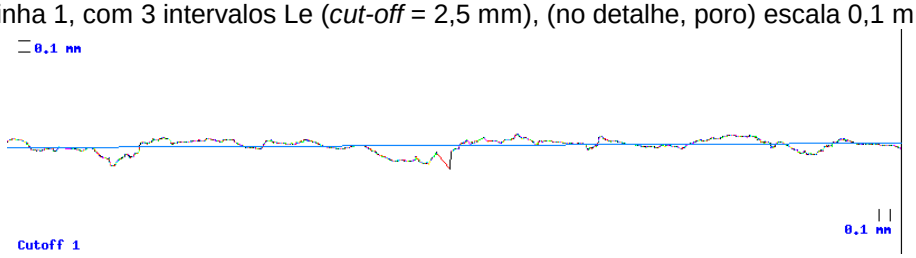


Figura 6.6 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, lixado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

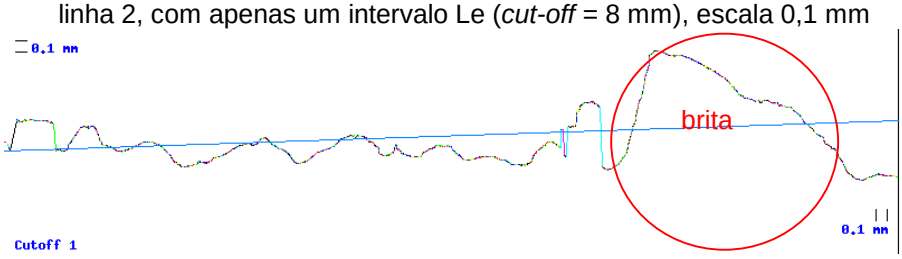


Figura 6.7 – Perfil de rugosidade do concreto 25 MPa, retardador de pega, linha 1, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

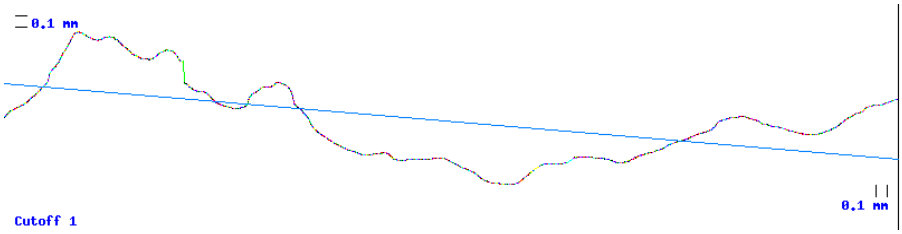


Figura 6.8 – Perfil de rugosidade do concreto 25, apicoado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

Na visualização do perfil do concreto 35 MPa sem tratamento (Figura 6.9), linha 1, na escala vertical 0,01 mm, percebe-se que mesmo com a ampliação da escala, a rugosidade não fica muito evidente, salientando apenas a pequena ondulação da superfície (Figura 6.10).

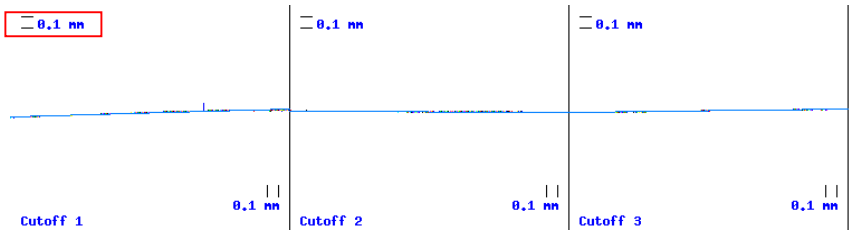


Figura 6.9 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, sem tratamento, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

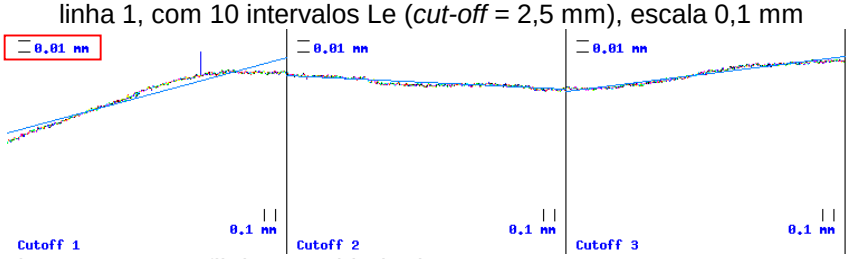


Figura 6.10 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, sem tratamento, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,01 mm

No concreto 35 MPa, tratamento lavado (Figuras 6.11 e 6.12), no perfil da linha 1 ocorre o mesmo que no perfil anterior, onde a rugosidade não fica muito evidente, salientando apenas a pequena ondulação da superfície.

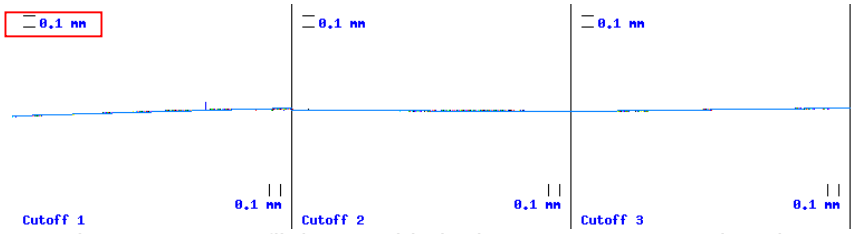


Figura 6.11 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, lavado, linha 1, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

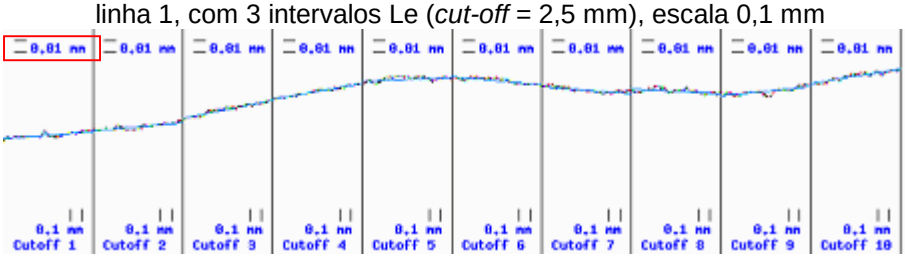


Figura 6.12 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, lavado, linha 1, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm

Como a porosidade diminui a medida que se aumenta a resistência do concreto, em alguns casos, o tratamento escovado gerou perfis de rugosidade pouco visível na escala vertical 0,1 mm (figura 6.13), nesses casos foram também geradas imagens com escala vertical de 0,01 mm, como mostra a figura 6.14.

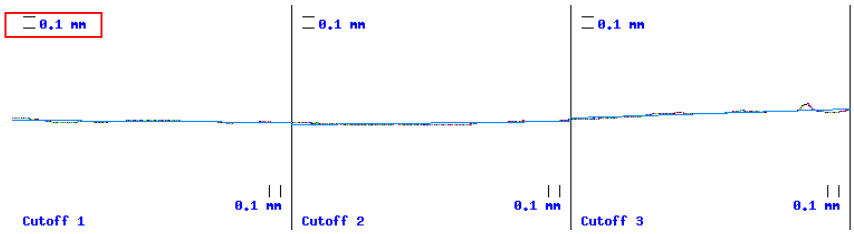


Figura 6.13 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, escovado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

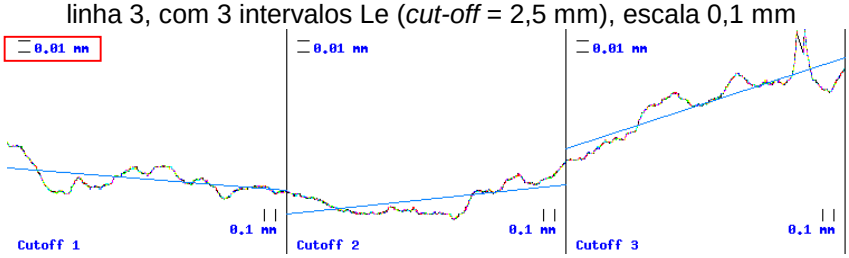


Figura 6.14 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, escovado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,01 mm

Na figura 6.15 também é mostrado o perfil do concreto 35 MPa escovado, onde a rugosidade no segundo *cut-off* é visível na escala vertical de 0,1 mm.

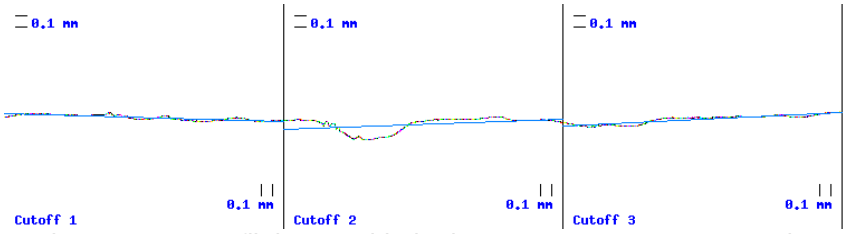


Figura 6.15 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, escovado, linha 2, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

As figuras 6.16 a 6.18 apresentam os perfis dos substratos do concreto 35 MPa tratados lixamento, retardador de pega e apicoado, respectivamente. Como a rugosidade já é visível com a escala 0,1 mm x 0,1 mm, não foram geradas imagens com a escala vertical de 0,01 mm. Os *cut-off*s representados são os tabelados utilizados na obtenção dos parâmetros.

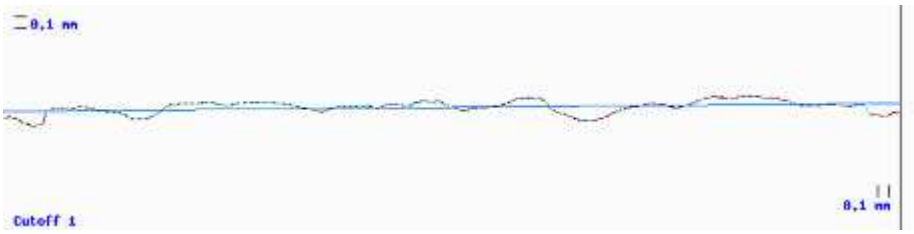


Figura 6.16 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, lixado, linha 1, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm) escala 0,1 mm

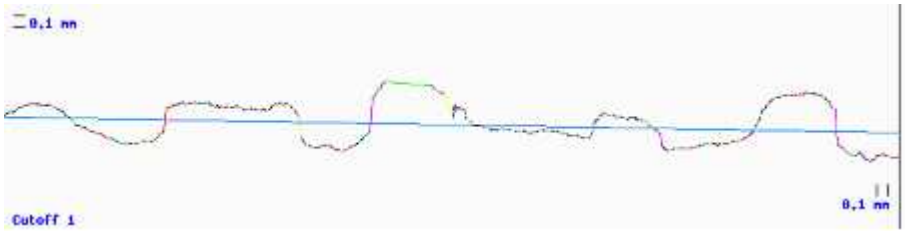


Figura 6.17 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, retardador de pega, linha 4, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

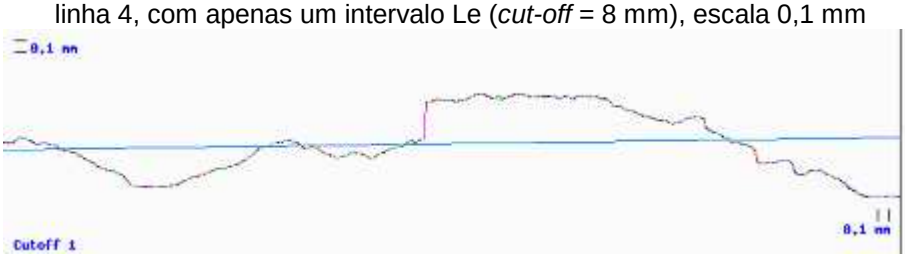


Figura 6.18 – Perfil de rugosidade do concreto 35 MPa, apicoado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

No concreto 45 MPa não foram geradas imagens na escala 0,1 mm para o substrato sem tratamento, sendo apenas geradas imagens na escala 0,01 mm como mostra a figura 6.19.

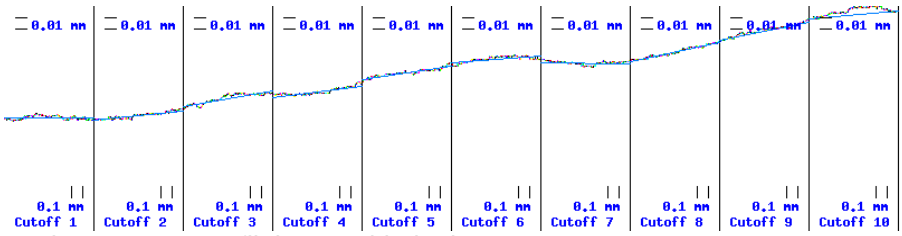


Figura 6.19 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, sem tratamento, linha 4, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm

Da mesma forma que no concreto 35MPa, no concreto 45 MPa a porosidade diminui anda mais gerando perfis de rugosidade pouco visível na escala vertical 0,1 mm (figura 6.20), portanto também foram geradas imagens com escala vertical de 0,01 mm, como mostra a figura 6.21.

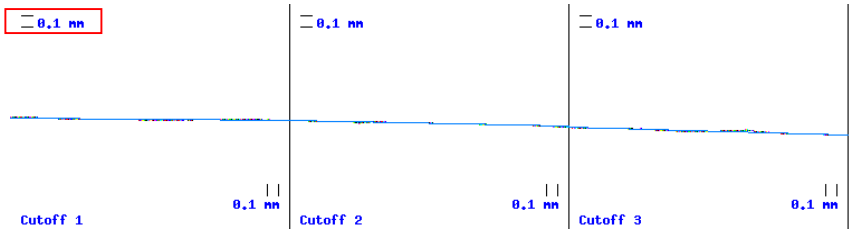


Figura 6.20 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, lavado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

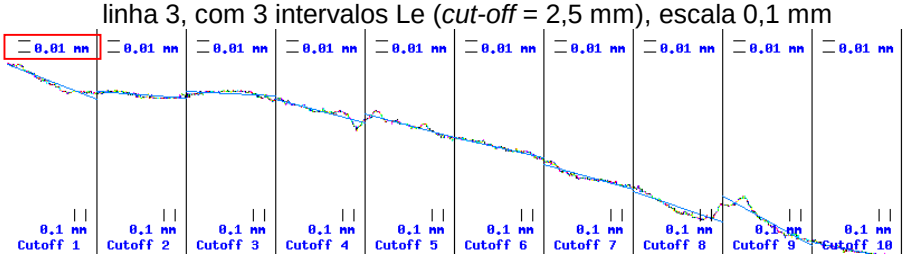


Figura 6.21 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, lavado, linha 3, com 10 intervalos Le (*cut-off* = 0,8 mm), escala 0,01 mm

Nas figuras 6.22 e 6.23 são mostrados os perfis de rugosidade obtidos nas duas escalas do tratamento escovado realizado no concreto 45 MPa.

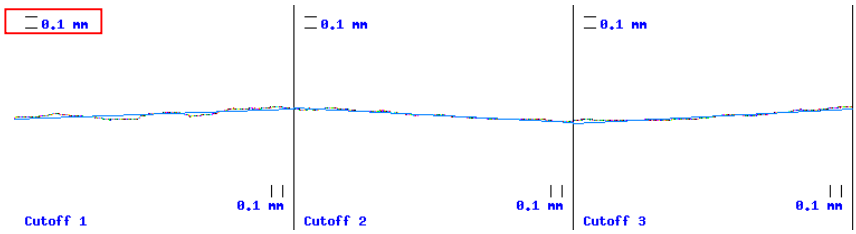


Figura 6.22 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, escovado, linha 3, com 3 intervalos Le (*cut-off* = 2,5 mm), escala 0,1 mm

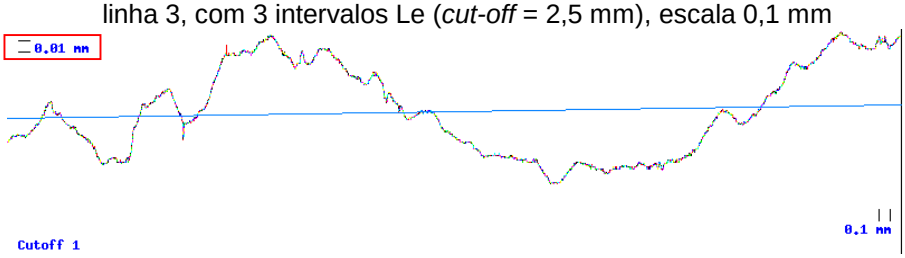


Figura 6.23 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, escovado, linha 3, com 1 intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,01 mm

Nas figuras 6.24, 6.25 e 6.26 são mostrados os perfis de rugosidade obtidos com os tratamentos lixado, retardador de pega e apicoado realizados no concreto 45 MPa.

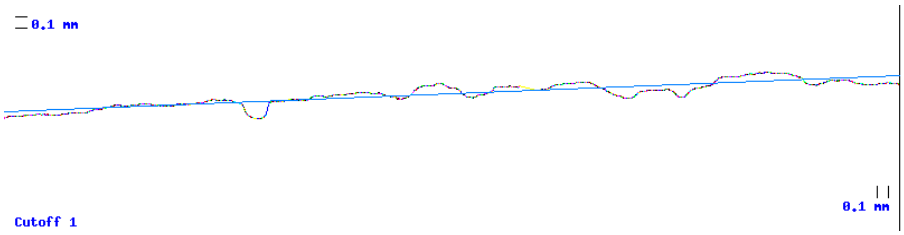


Figura 6.24 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, lixado, linha 3, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

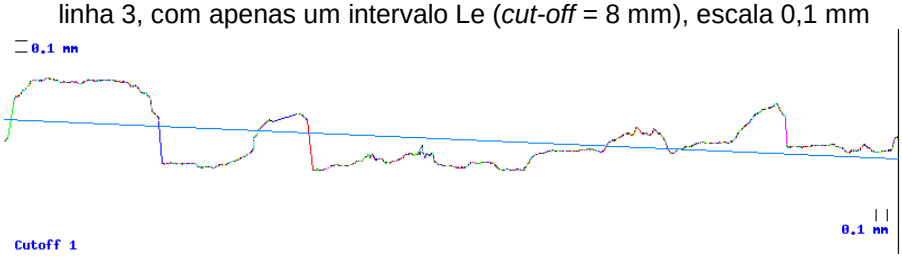


Figura 6.25 – Perfil de rugosidade do concreto 45 MPa, retardador de pega, linha 4, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

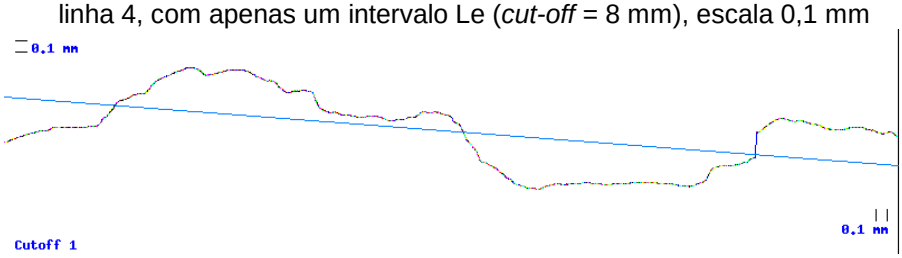


Figura 6.26 – Perfil de rugosidade do concreto 45, apicoado, linha 2, com apenas um intervalo Le (*cut-off* = 8 mm), escala 0,1 mm

Após a obtenção dos perfis de rugosidade, determinou-se os parâmetros de rugosidade Ra, Rq, Rz e Rmáx. Todos os parâmetros foram determinados de acordo com os valores de *cut-off* tabelados para o parâmetro Ra.

Simplificadamente, define-se os parâmetros utilizados para uma melhor compreensão dos valores obtidos: os parâmetros Ra e Rq, representam a média aritmética das alturas até a linha média de picos e/ou vales, sendo que o parâmetro Rq eleva os valores ao quadrado; o parâmetro Rz representa a média aritmética das distâncias entre pico e vale para cada c*ut-off* e o parâmetro Rmáx representa o maior valor Rz obtido.

As tabelas 6.1 e 6.2 apresentam os valores médios dos parâmetros de rugosidade Ra, Rq e Rz, e o valor máximo do parâmetro Rmax, para cada concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais. Os resultados individuais, bem como os resultados da 1ª iteração encontram-se detalhados no anexo B.

Tabela 6.1 – Parâmetros de rugosidade Ra e Rq para os diferentes substratos de concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais

Tratamento Superficial	*Cut-off* adotado (mm)	Ra (µm)			Rq (µm)		
		25 MPa	35 MPa	45 MPa	25 MPa	35 MPa	45 MPa
Sem tratamento	0,8	1,5	1,2	1,6	1,9	1,4	1,9
Lavado	0,8	1,5	1,2	1,4	2,0	1,5	1,7
Escovado	2,5	18,8	12,1	8,6	24,7	14,9	10,5
Lixado	8,0	37,2	28,4	33,5	46,5	36,5	40,8
Retardador de Pega	8,0	138,7	172,3	141,9	192,5	263,5	204,7
Apicoado	8,0	158,6	222,3	182,2	186,4	204,5	168,2

Tabela 6.2 – Parâmetros de rugosidade Rz e Rmax para os diferentes substratos de concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais

Tratamento Superficial	*Cut-off* adotado (mm)	Rz (µm)			Rmax (µm)		
		25 MPa	35 MPa	45 MPa	25 MPa	35 MPa	45 MPa
Sem tratamento	0,8	12,8	11,2	12,1	27,6	64,,6	19,5
Lavado	0,8	13,5	10,7	11,7	41,9	23,6	25,1
Escovado	2,5	133,2	69,5	57,9	341,1	209,4	106,8
Lixado	8,0	224,2	179,4	205,5	305,8	225,4	248,8
Retardador de Pega	8,0	740,9	943,2	749,0	1047,5	1378,5	951,0
Apicoado	8,0	957,5	803,0	682,5	1218,0	1296,7	904,3

A tabela 6.3 apresenta os resultados da análise estatística realizada.

Tabela 6.3 – Análise estatística ANOVA para os parâmetros de rugosidade

Parâmetro de rugosidade	Variáveis	graus de liberdade	média quadrática	F calculado	Significância
Ra	Concreto	2	1265,70	0,6130	Não Significativo
	Tratamento Superficial	5	82176,50	39,7981	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	10	889,29	0,4307	Não Significativo
	ERRO	54	2064,84		
Rq	Concreto	2	1589,10	0,5776	Não Significativo
	Tratamento Superficial	5	116882,00	42,4817	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	10	1162,87	0,4227	Não Significativo
	ERRO	54	2751,34		

Tabela 6.3 – Análise estatística ANOVA para os parâmetros de rugosidade

Parâmetro de rugosidade	Variáveis	graus de liberdade	média quadrática	F calculado	Significância
Rz	Concreto	2	25015,20	0,9315	Não Significativo
	Tratamento Superficial	5	1783725,00	66,4192	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	10	22415,20	0,8347	Não Significativo
	ERRO	54	26855,60		
Rmax*	Concreto	2	3278647,00	—	Significativo
	Tratamento Superficial	5	162570,00	—	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	10	55129,50	—	Significativo
	ERRO	54	—		

* O F calculado não pode ser obtido, pois o parâmetro é obtido do maior valor e não da média como nos demais parâmetros

A análise estatística ANOVA realizada (Tabela 6.3), para os parâmetros de rugosidade, mostrou que apenas os tratamentos superficiais apresentam influência significativa nos parâmetros médios Ra, Rq e Rz.

Para o parâmetro Rmax, que é o maior valor das rugosidades parciais que se apresenta no percurso de medição, tanto os tratamentos superficiais, os níveis de resistência do concreto, quanto a interação entre eles são significativos.

Observa-se também que a medida que se aumenta a agressividade do tratamento superficial, como era de se esperar, os parâmetros aumentam consideravelmente.

As figuras 6.27 a 6.30 mostram os diferentes parâmetros obtidos para cada tratamento superficial.

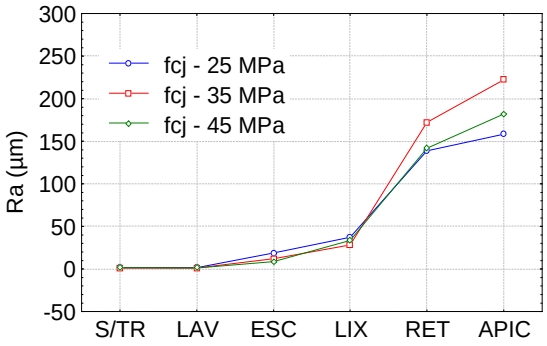


Figura 6.27 – Parâmetro Ra para os diferentes tratamentos superficiais

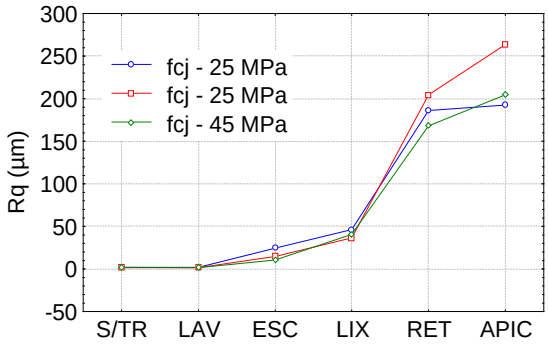


Figura 6.28 – Parâmetro Rq para os diferentes tratamentos superficiais

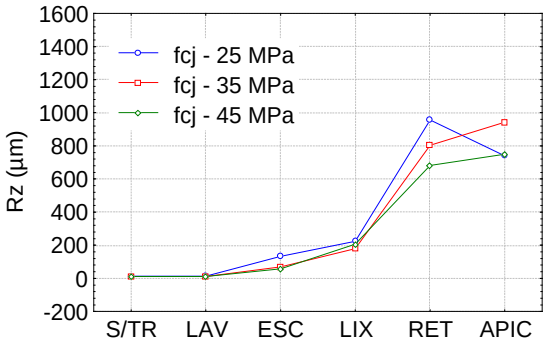


Figura 6.29 – Parâmetro Rz para os diferentes tratamentos superficiais

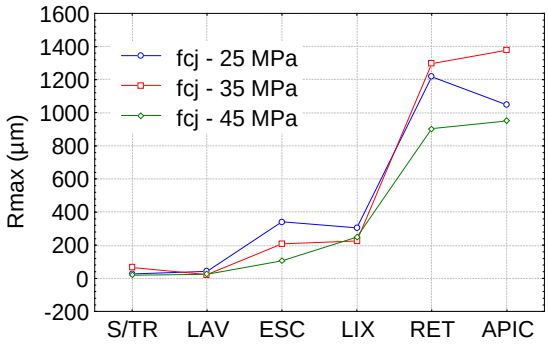


Figura 6.30 – Parâmetro Rmax para os diferentes tratamentos superficiais

De uma forma geral, todos os parâmetros representam o mesmo desenvolvimento de rugosidade para os diferentes tratamentos superficiais. Tanto os parâmetros Ra quanto Rq mostraram-se eficientes para representar a rugosidade, sendo que, conforme revisado na bibliografia, o parâmetro Rq evidencia mais os picos e vales do que o Ra, gerando valores ligeiramente superiores aos de Ra.

Pela análise múltipla de médias dos parâmetros parâmetros Ra e Rq, realizada pelo teste de Duncan, os tratamentos lavado, escovado e lixado não proporcionam rugosidades diferentes estatisticamente significativas entre si. No entanto, os tratamentos realizados com o retardador de pega de superfície e apicoado, geram rugosidades estatisticamente maiores em relação aos demais.

Como os parâmetros Rz e Rmax representam a distância pico-vale para cada cut-off (sendo Rmax o maior valor de Rz), geram valores bem superiores aos demais parâmetros, mas representam a mesma evolução da rugosidade. Pela análise múltipla de médias para Rz e Rmax, o tratamento lixado gerou distâncias pico-vale superiores aos tratamentos escovado e lavado, assim como os tratamentos realizados com o retardador de pega de superfície e apicoado, geraram rugosidades estatisticamente maiores em relação aos demais.

A análise pelo teste de Duncan, considerando-se os diferentes níveis de resistência do concreto, mostrou que apenas para os tratamentos mais agressivos, como o retardador de pega de superfície e o apicoamento, há diferença significativa entre os concretos para um mesmo tratamento superficial. Por exemplo, o concreto de resistência intermediária gerou superfícies mais rugosas que os demais concretos para o tratamento apicoado.

Como o parâmetro Ra é o mais empregado, comparou-se os valores encontrados para o parâmetro Ra com os obtidos por outros autores, em pesquisas realizadas com tratamentos superficiais em substratos de concreto. Observou-se que os valores encontrados foram ligeiramente inferiores aos encontrados por outros autores, tais como BELAIR et al. (2003) e SANTOS et al. (2006). Salienta-se que os valores estão expressos em micrometros e que a

diferença é na ordem de décimos de milímetros, devendo-se levar em consideração que os tratamentos empregados (técnicas, equipamentos, entre outras variáveis), em sua maioria, foram diferentes, assim como os níveis de resistência dos substratos de concreto e as técnicas de avaliação de rugosidade, sendo a diferença observada entre autores justificada.

6.1.2 Superfície Potencial de Contato

Para uma melhor visualização das superfícies geradas pelos tratamentos superficiais nos substratos de concreto, são apresentadas as imagens das superfícies scanneadas. Uma vez que o programa utilizado na geração das imagens proporcionava uma visualização 3D das superfícies, foram obtidas imagens nos planos formados por x e y, e por x e z, além da imagem tridimensional de cada superfície.

As figuras 6.31 a 6.33 são apresentadas as imagens das superfícies dos três concretos de diferentes resistências sem tratamento superficial.

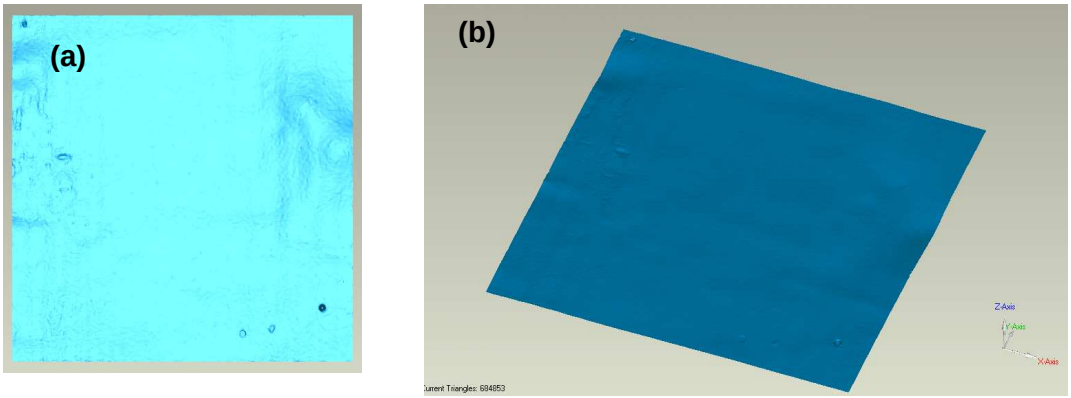


Figura 6.31 - Concreto 25 MPa (fcj), Sem tratamento:
(a) vista superior da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

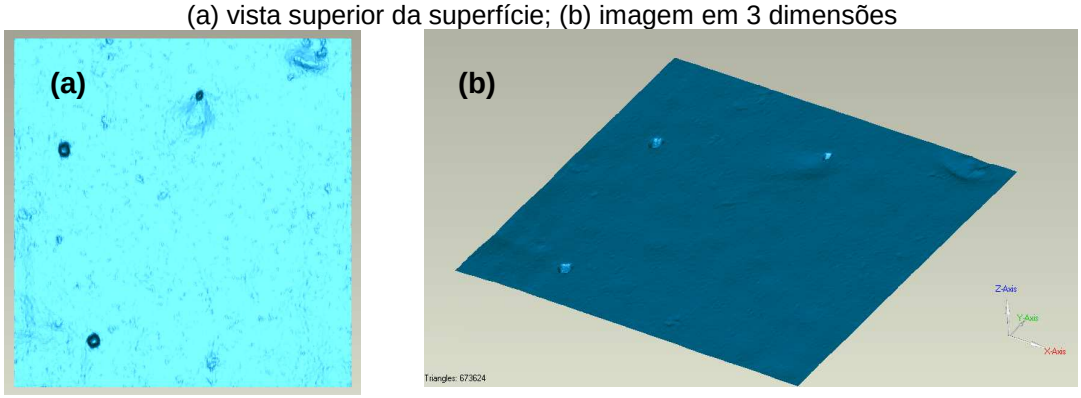


Figura 6.32 - Concreto 35 MPa (fcj), Sem tratamento:
(a) vista superior da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

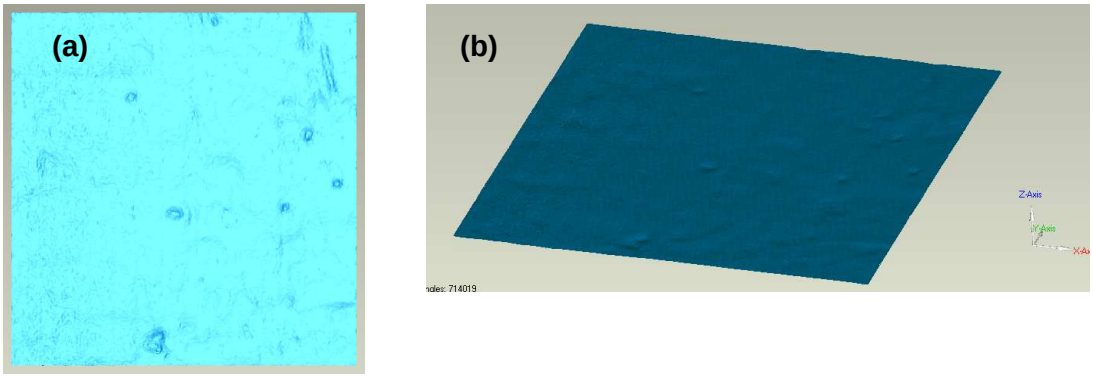


Figura 6.33 - Concreto 45 MPa (fcj), Sem tratamento:
(a) vista superior da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

Como observa-se nas figuras 6.31 a 6.33, referentes às superfícies dos três níveis de resistências dos substratos de concreto, as superfícies geradas são praticamente planas, com baixa porosidade, cujas pequenas “deformações” na planicidade foram atribuídas à reutilização das fôrmas.

Da mesma forma que nos substratos sem tratamento, as imagens das superfícies tratadas apenas com lavagem por hidrojateamento, ilustram superfícies praticamente tão planas quanto as sem tratamento. Nas figuras de 6.34 a 6.36 são apresentadas as imagens das superfícies lavadas.

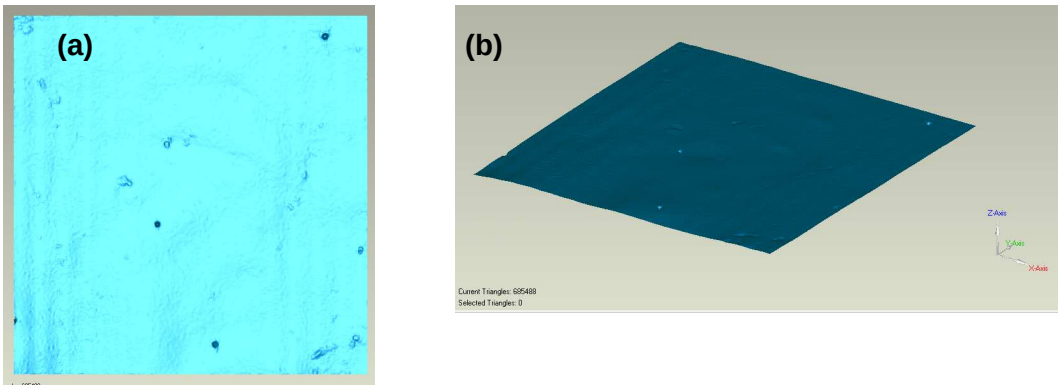


Figura 6.34 - Concreto 25 MPa (fcj), Lavado:
(a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

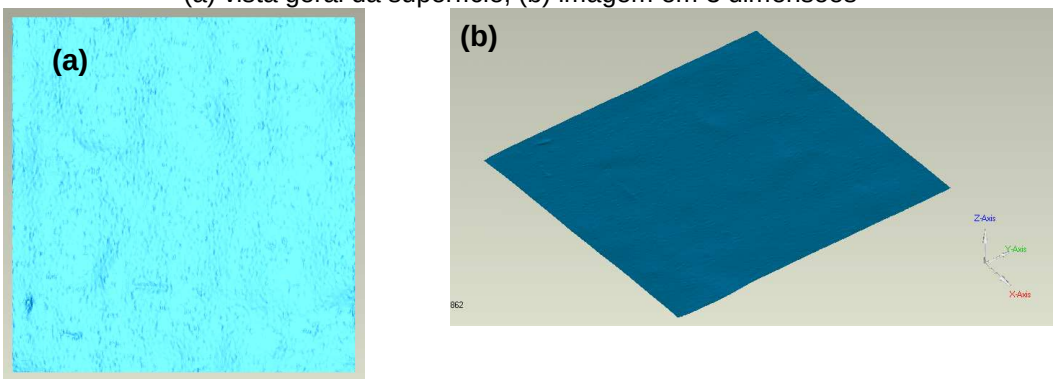


Figura 6.35 - Concreto 35 MPa (fcj), Lavado:
(a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

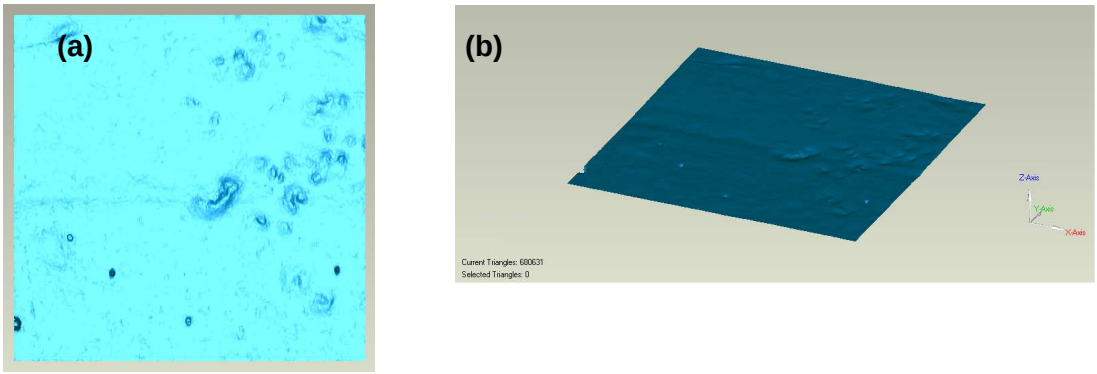


Figura 6.36 - Concreto 45 MPa (fcj), Lavado:
(a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

Já nas figuras 6.37 a 6.39, referente às superfícies escovadas, observa-se, apenas pela análise das imagens, que há aumento na superfície específica. Para ilustrar melhor o aumento da superfície, são apresentadas as imagens em perfil (imagens “c”, vista lateral) que não foram obtidas para os substratos de referência e somente lavados, por não apresentarem porosidade visível em perfil.

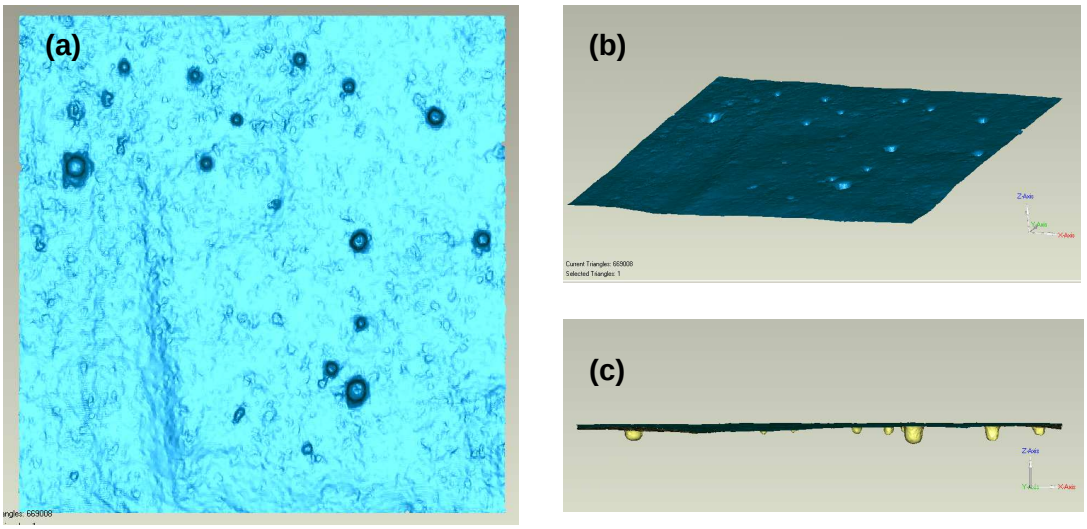


Figura 6.37 - Concreto 25 MPa (fcj), Escovado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros

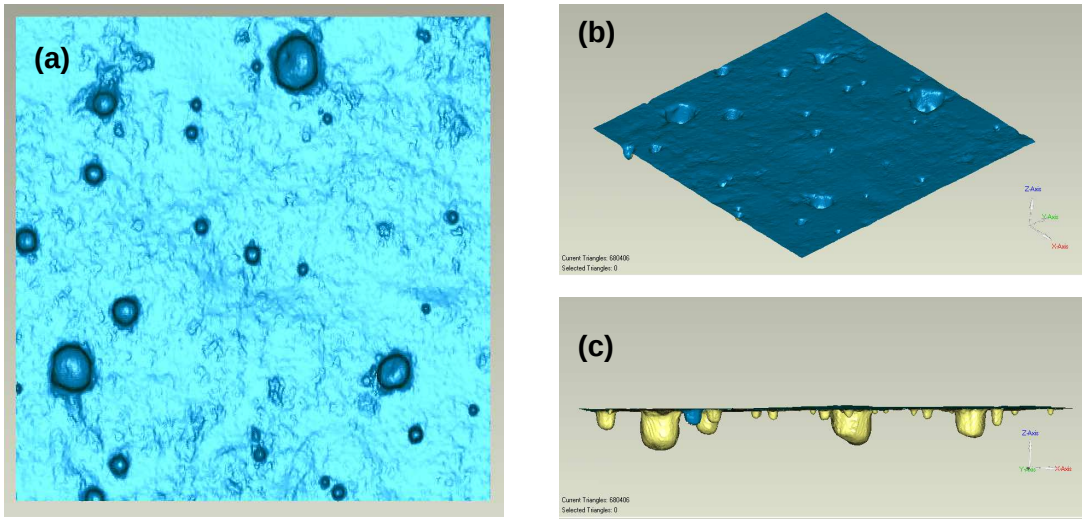


Figura 6.38 - Concreto 35 MPa (fcj), Escovado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros

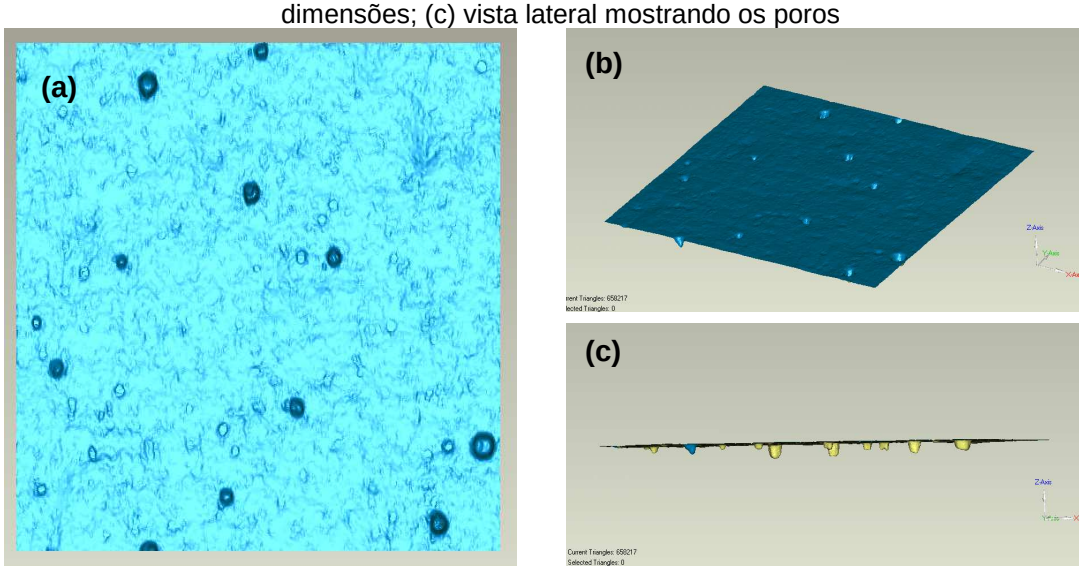


Figura 6.39 - Concreto 45 MPa (fcj), Escovado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros

Conforme observa-se nas figuras 6.37 a 6.39, as superfícies escovadas apresentaram uma maior exposição dos poros, o que aumenta a área potencial de contato. Como é pouco visível uma maior rugosidade além da porosidade exposta, a rugosidade gerada por esse tratamento foi atribuída à maior exposição dos poros.

Com relação à diferença de porosidade entre os concretos, observa-se que o concreto de resistência intermediária (fcj = 35MPa) apresentou os poros de maior tamanho, e o concreto de menor resistência, apresentou os poros menores e em menor quantidade.

Nas figuras de 6.40 a 6.41 são apresentadas as imagens das superfícies geradas pelo tratamento lixado.

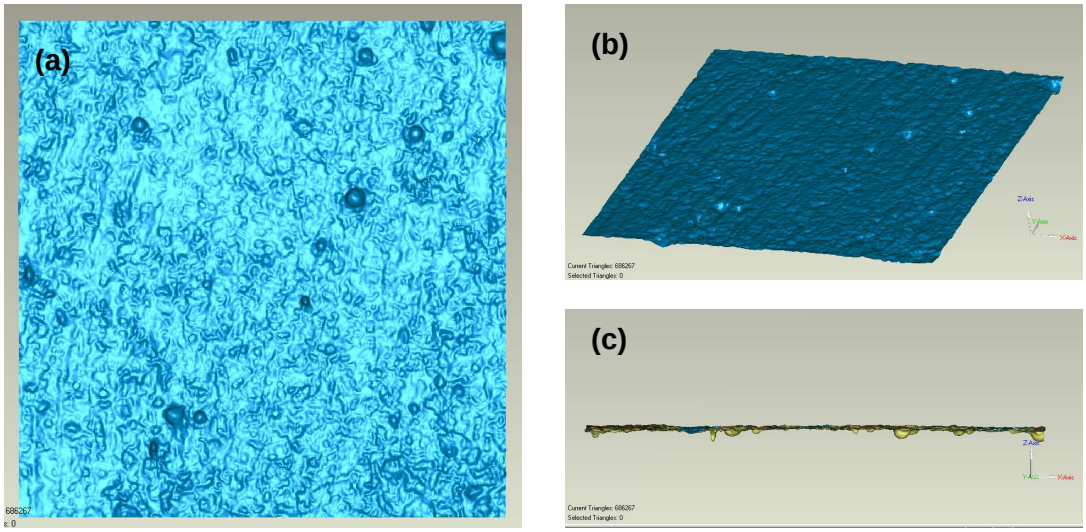


Figura 6.40 - Concreto 25 MPa (fcj), Lixado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros

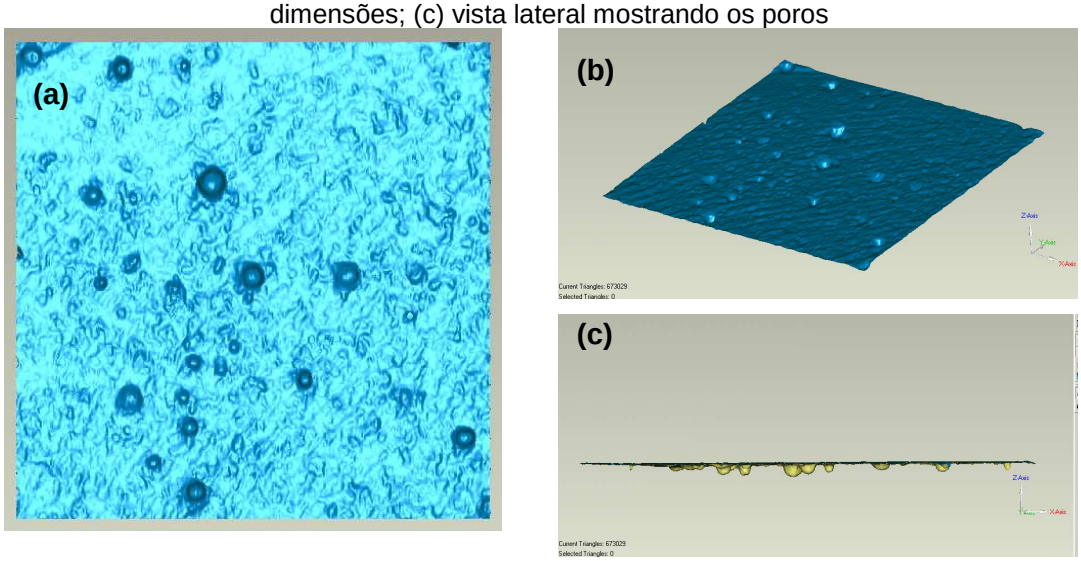


Figura 6.41 - Concreto 35 MPa (fcj), Lixado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros

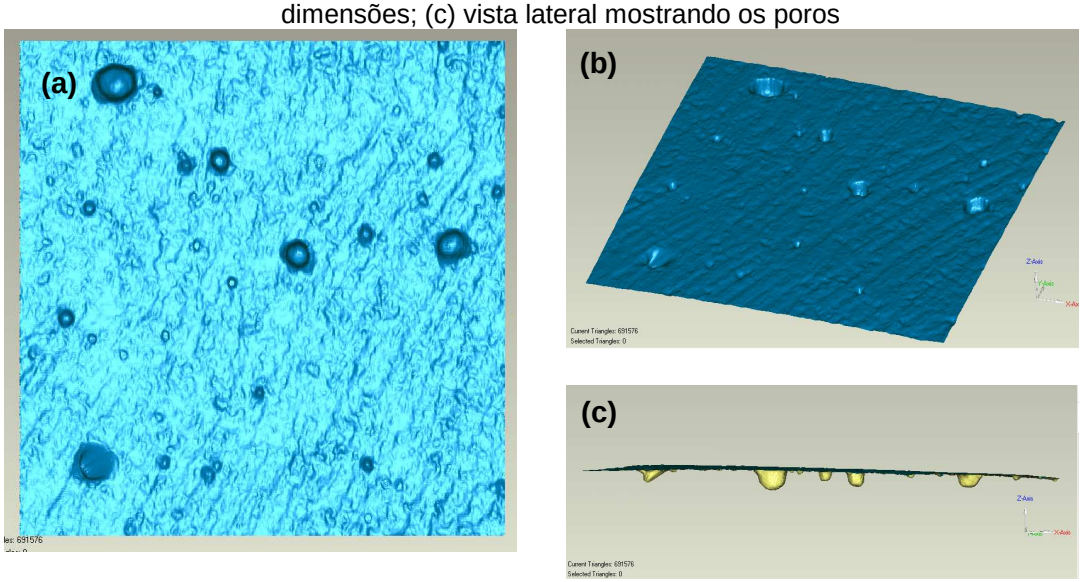


Figura 6.42 - Concreto 45 MPa (fcj), Lixado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões; (c) vista lateral mostrando os poros

Diferentemente do tratamento escovado, o tratamento lixado proporcionou, além da maior exposição dos poros, uma rugosidade gerada pelo próprio disco, onde nas figuras “b” podem ser visualizadas as ranhuras geradas. A rugosidade gerada por estas ranhuras são mais profundas no concreto de menor resistência e mais superficiais no concreto de maior resistência.

Entre os tratamentos estudados, o realizado com retardador de pega foi o que proporcionou as maiores rugosidades, por exporem os agregados, tanto muído quanto graúdo. Nas figuras de 6.43 a 6.45, observa-se nitidamente o contorno das britas e dos grãos de areia.

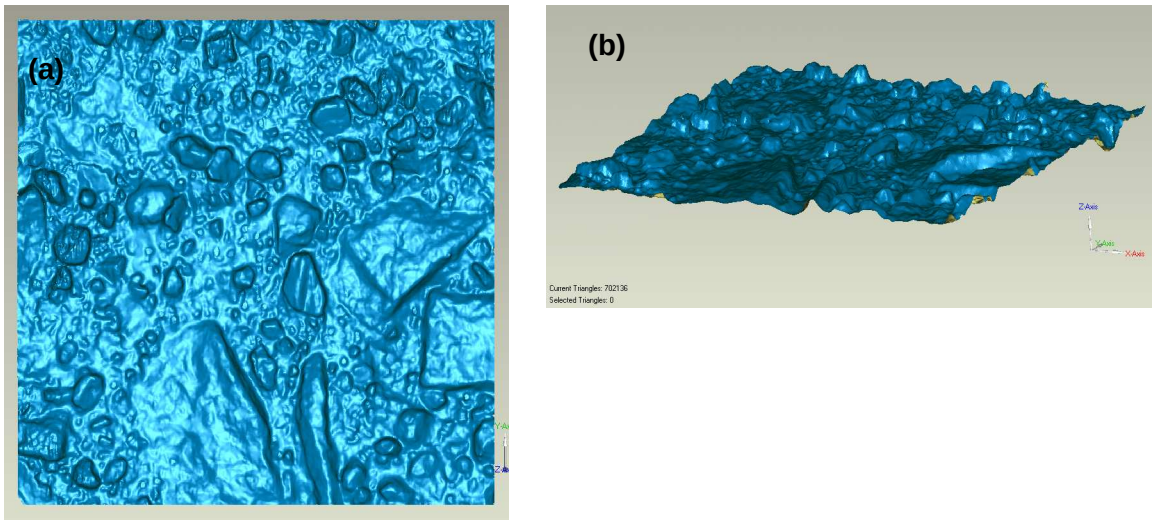


Figura 6.43 - Concreto 25 MPa (fcj), Retardador de Pega: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

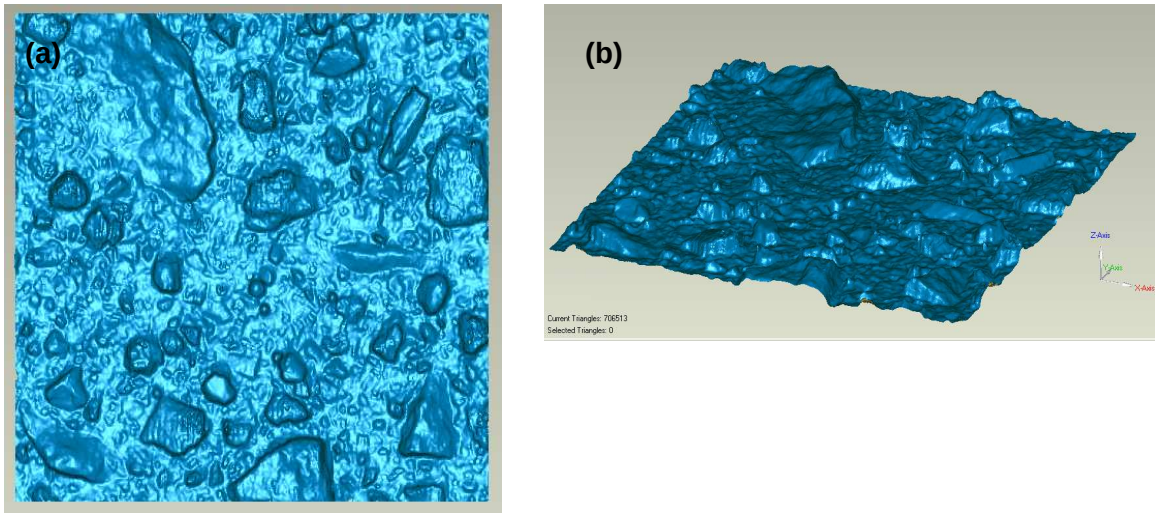


Figura 6.44 - Concreto 35 MPa (fcj), Retardador de Pega: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

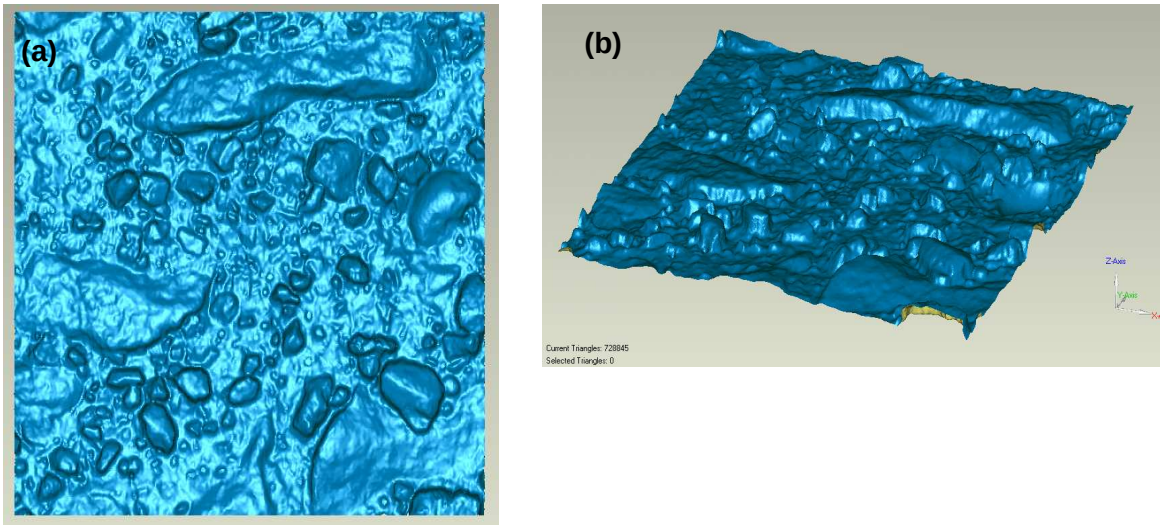


Figura 6.45 - Concreto 45 MPa (fcj), Retardador de Pega: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

Conforme pode ser visto nas figuras 6.43 a .45, não foi observada visualmente uma diferença relevante entre os concretos tratados com retardador de pega, na exposição dos agregados.

As figuras 6.46 a 6.48 apresentam as superfícies geradas pelo apicoamento.

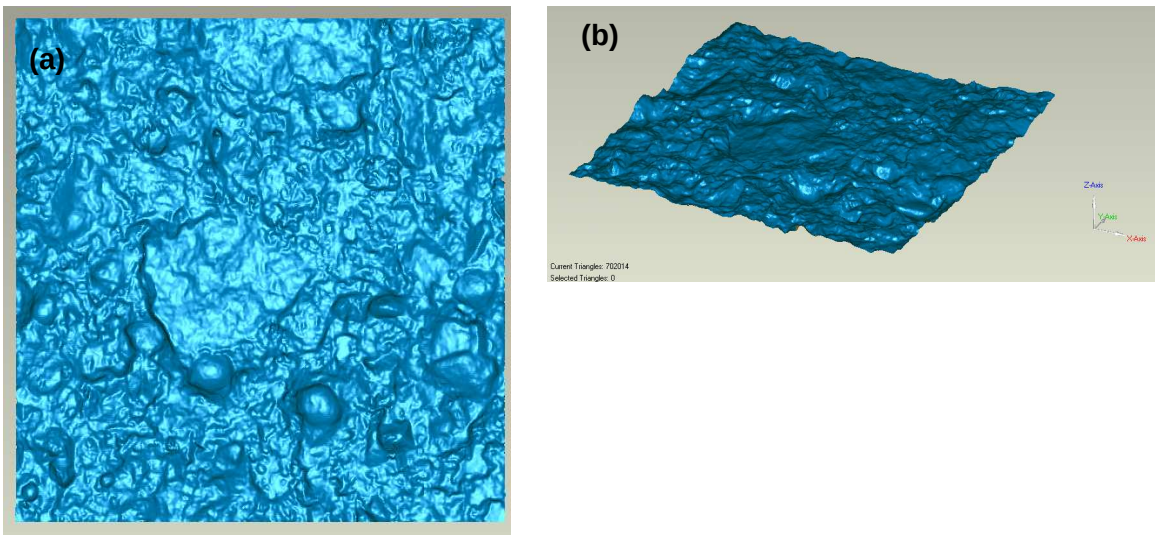


Figura 6.46 - Concreto 25 MPa (fcj), Apicoado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

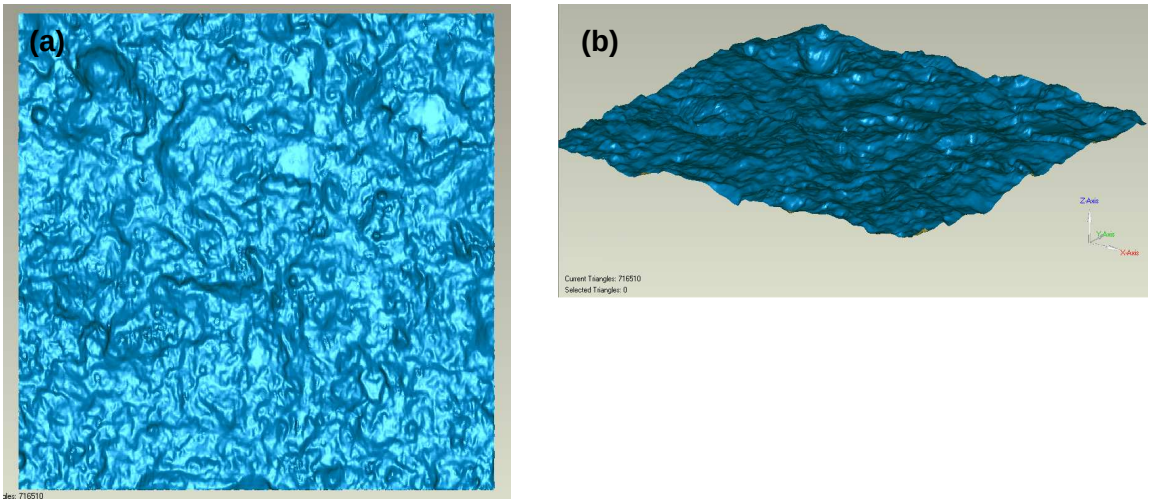


Figura 6.47 - Concreto 35 MPa (fcj), Apicoado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

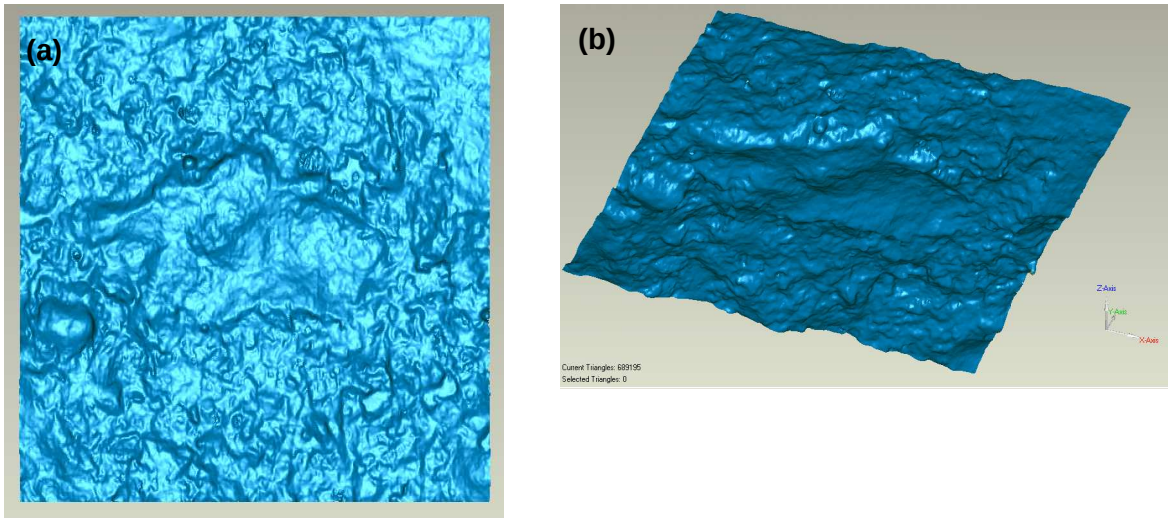


Figura 6.48 - Concreto 45 MPa (fcj), Apicoado: (a) vista geral da superfície; (b) imagem em 3 dimensões

O tratamento apicoado também gerou superfícies bem rugosas, além de expor a porosidade.

Após a análise das imagens e obtenção da área superficial efetiva (SS) de cada área geométrica (SG), foi realizada a análise estatística do parâmetro de rugosidade em três dimensões. Como parâmetro de rugosidade 3D, adotou-se o ISS (Incremento Específico da Superfície).

Na tabela 6.4, são apresentados os resultados para cada superfície do parâmetro ISS. Para um melhor entendimento do acréscimo de área na superfície de cada substrato de concreto, o parâmetro ISS está também expresso em percentagem.

Salienta-se que o acréscimo de área é em relação a superfície geométrica (SG), e que devido às pequenas “deformações” e porosidade superficiais, conforme ilustrados nas

figuras de 6.31 a 6.33, os substratos mesmo sem tratamento apresentam um pequeno acréscimo de área.

Tabela 6.4 – Parâmetro ISS para os diferentes substratos de concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais

Tratamento Superficial	Incremento de Superfície Específica - ISS			Acréscimo de área (%)		
	25 MPa	35 MPa	45 MPa	25 MPa	35 MPa	45 MPa
Sem tratamento	1,004	1,005	1,001	0,38	0,54	0,10
Lavado	1,005	1,004	1,004	0,47	0,41	0,36
Escovado	1,023	1,075	1,019	2,29	7,51	1,90
Lixado	1,044	1,030	1,035	4,36	2,97	3,52
Retardador de pega	1,243	1,228	1,245	24,25	22,80	24,49
Apicoado	1,145	1,130	1,092	14,51	12,97	9,22

Comparando-se os valores encontrados para o parâmetro ISS com os valores encontrados por BELAIR et al. (2003), percebe-se que os incrementos de superfície específica estão dentro da faixa de valores encontradas pelo autor, que variaram de 1,010 a 1,545, apesar dos valores dos parâmetros de rugosidade apresentarem diferença.

A análise estatística realizada por ANOVA, para o parâmetro 3D ISS, comprovou que, em termos incremento de superfície específica, tanto os tratamentos superficiais, quanto o nível de resistência do substrato de concreto e a interação entre eles, são significativos, conforme mostra a Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Análise estatística realizada por ANOVA para o parâmetro ISS

Variáveis	graus de liberdade	média quadrática	F calculado	Significância
Concreto	2	0,000586	44,603	Significativo
Tratamento Superficial	5	0,050303	3028,545	Significativo
Concreto x Trat Superf.	10	0,000628	47,814	Significativo
ERRO	18	1,31389E-05		

A figura 6.49 mostra o Incremento de Superfície Específica (ISS) para os diferentes níveis de resistência do concreto e a figura 6.50, mostra o parâmetro ISS para os diferentes tratamentos superficiais.

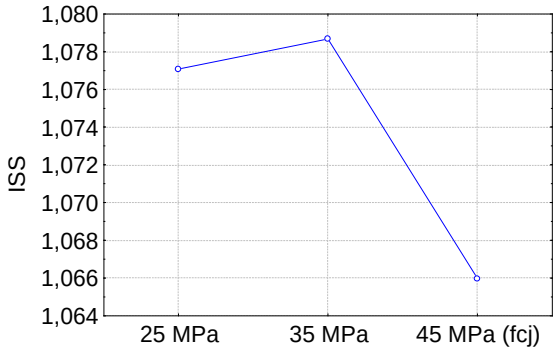


Figura 6.49 – Incremento de superfície específica (ISS) em função do nível de resistência do concreto

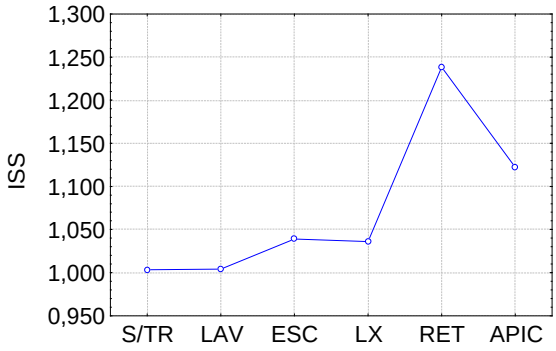


Figura 6.50 – Incremento de superfície específica (ISS) para os diferentes tratamentos superficiais

Analisando-se a figura 6.49, que mostra a influência do nível de resistência do substrato concreto, percebe-se que os incrementos de superfície específica são menores para o concreto de maior resistência. Provavelmente os menores valores de ISS para esse concreto está relacionado a menor porosidade, por esse concreto apresentar menor relação água/cimento (0,37).

Pela análise múltipla de médias, realizada pelo Teste de Duncan, entre os valores de ISS dos concretos 25 e 35 não há diferença significativa.

Com relação aos tratamentos superficiais, observa-se na Figura 6.50, que o retardador de pega de superfície proporcionou uma maior área superficial específica em relação ao tratamento apicoado, apesar de possuir menor Ra que este tratamento. Isso comprova a importância da verificação tanto da rugosidade como da área superficial, pois a primeira fornece o tamanho dos picos e vales, que está relacionada com a ancoragem propriamente dita, e a segunda o parâmetro de área específica, que está relacionada com a área potencial de contato.

Pela análise múltipla de médias, realizada pelo Teste de Duncan, de uma forma geral, considerando-se apenas a variável tratamento superficial (Figura 6.51), apenas entre os substratos sem tratamento e somente lavado, não há diferença significativa, assim como entre os tratamentos escovado e lixado. Todos os demais tratamentos são significativos entre si.

A figura 6.51 mostra o efeito da interação dos diferentes níveis de resistência do concreto, com os diferentes tratamentos superficiais, no Incremento de Superfície Específica (ISS).

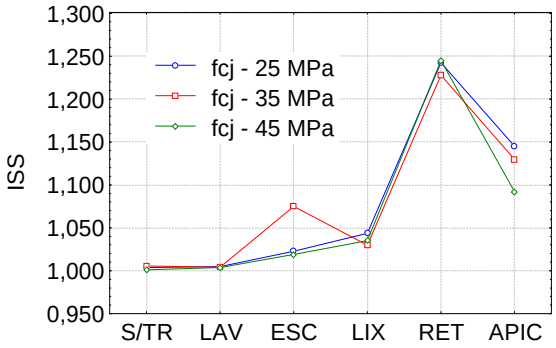


Figura 6.51 – Efeito da interação entre a resistência do concreto e tratamento superficial, no Incremento de superfície específica (ISS)

A análise múltipla de médias, realizada pelo Teste de Duncan, para a interação entre as variáveis, mostra que ao se analisar cada um dos concretos, apenas os substratos sem tratamento e lavado não são significativos entre si.

Ao se analisar o concreto 35 MPa (fcj), observa-se que o aumento de área para o tratamento escovado, foi superior ao do tratamento lixado, que de acordo com os resultados obtidos para os parâmetros de rugosidade em duas dimensões, este é mais rugoso que o escovado. Observando-se então as imagens scanneadas, percebe-se que para este concreto, apesar do tratamento lixado expor maior quantidade de poros, os poros expostos pelo tratamento escovado foram maiores que os poros expostos pelo tratamento lixado, o que aumentou sua área específica.

Como se sabe que a distribuição de poros é totalmente aleatória no concreto, e que depende de vários fatores, considerou-se essa maior rugosidade proporcionada pelo escovado em relação ao lixado como pontual, e que provavelmente foi causada pela vibração dos corpos-de-prova, não sendo, portanto característico do tratamento escovado proporcionar maior aumento de área que o lixado.

De uma forma geral, pode-se dizer que quanto mais poroso for o concreto e mais agressivo for o tratamento superficial maior é o Incremento de Superfície Específica (ISS), ou seja, maior é a área potencial de contato, como era esperado.

6.1.3 Sucção Capilar

Na análise da sucção capilar foram testadas amostras de todos os tratamentos, incluindo os substratos impregnados com desmoldante, em que na sucção capilar exerce grande influência, pois atua como um hidrofugante.

Portanto, ao invés de se ter 6 tratamentos, como apresentado na rugosidade e área superficial, somam-se mais 3, referentes aos concretos com desmoldante, totalizando 9 tratamentos. Dessa forma, os tratamentos serão identificados como segue:

Superfície de concreto	Tratamento Superficial		Sigla
Com desmoldante	Sem Tratamento	—	CDST
Com desmoldante	Lavado a Frio	—	CDLF
Com desmoldante	Lavado Quente	—	CDLQ
Sem desmoldante	Sem Tratamento	—	SDST
Sem desmoldante	Lavado Frio	—	SDLF
Sem desmoldante	Escovado	—	SDES
Sem desmoldante	Lixado	—	SDLX
Sem desmoldante	Retardador de Pega	—	SDRP
Sem desmoldante	Apicoado	—	SDAP

A tabela 6.6 mostra os resultados obtidos para a Taxa de absorção e Resistência Capilar para os diferentes substratos de concreto, submetidos aos diferentes tratamentos superficiais.

Tabela 6.6 – Taxa de Absorção e Resistência Capilar

Tratamento Superficial	Taxa de Absorção (g/cm².h¹/²)			Resistência Capilar (h/m²)		
	25 MPa	35 MPa	45 MPa	25 MPa	35 MPa	45 MPa
CDST	0,0092	0,0096	0,0118	2581087	2040525	2186070
CDLF	0,0115	0,0110	0,0133	1668819	2121077	1894496
CDLQ	0,0115	0,0138	0,0118	1699907	1440233	2282927
SDST	0,0141	0,0131	0,0105	1158443	1239072	2256379
SDLF	0,0131	0,0130	0,0106	1255032	1227606	2882802
SDES	0,0130	0,0136	0,0100	1205791	1019758	2277753
SDLX	0,0121	0,0124	0,0119	1194250	1967498	1544679
SDRP	0,0102	0,0100	0,0093	1482723	1787857	2075016
SDAP	0,0127	0,0141	0,0106	1106375	950157	1927884

A análise estatística ANOVA (Tabela 6.7), comprovou que tanto a resistência do substrato de concreto e o tipo de tratamento superficial empregado, como a interação entre eles, apresentam influência significativa na Taxa de absorção e para a Resistência Capilar.

Tabela 6.7 – Taxa de Absorção e Resistência Capilar: Análise estatística realizada por ANOVA

Propriedade	Variáveis	graus de liberdade	média quadrática	F calculado	Significância
Taxa de Absorção	Concreto	2	6,65848E-06	7,981331	Significativo
	Tratamento Superficial	8	6,19029E-06	7,420128	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	16	3,49706E-06	4,191831	Significativo
	ERRO	27	8,34256E-07		
Resistência Capilar	Concreto	2	1,911E+12	24,700070	Significativo
	Tratamento Superficial	8	4,62975E+11	5,984055	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	16	2,52767E+11	3,267068	Significativo
	ERRO	27	77368090624		

As figuras 6.52 e 6.53 mostram graficamente a taxa de absorção e a resistência capilar, respectivamente, para os diferentes tratamentos superficiais realizados nos substratos com e sem desmoldante.

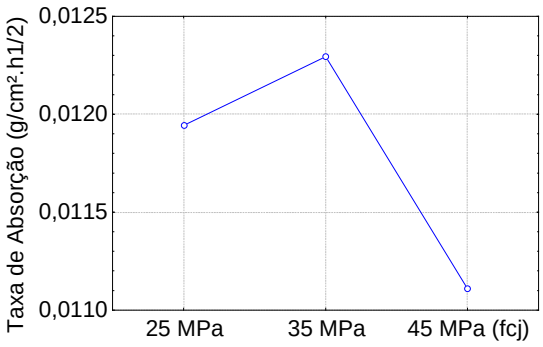


Figura 6.52 – Taxa de absorção em função do nível de resistência do concreto

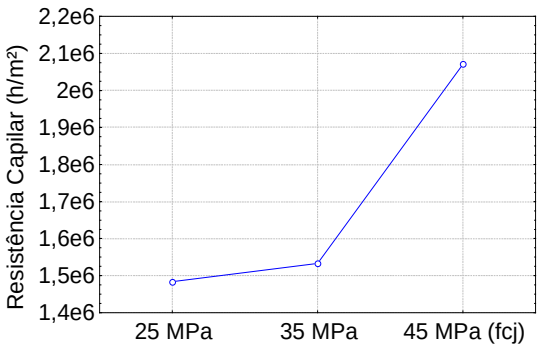


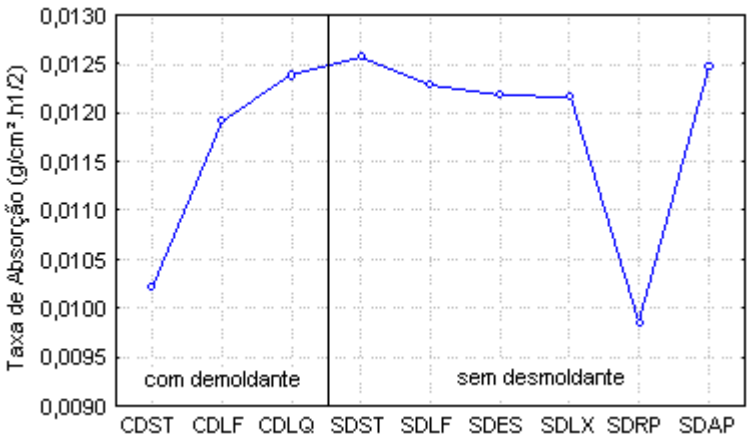
Figura 6.53 – Resistência capilar em função do nível de resistência do concreto

Com relação aos níveis de resistência do concreto, somente o concreto de maior resistência apresentou taxa de absorção e resistência capilar (Figuras 6.52 e 6.53, respectivamente)

significativamente diferentes em relação aos demais substratos de concreto testados, de acordo com a análise múltipla de médias.

Ao se comparar o gráfico da Taxa de absorção em função do nível de resistência do concreto (Figura 6.52) com o gráfico já obtido para o parâmetro ISS de superfície específica (Figura 6.49), verifica-se que ambos apresentam a mesma forma. Portanto, conclui-se que os menores valores de taxa de absorção, assim como os maiores valores de resistência capilar, para o substrato de concreto de maior resistência, também está relacionado com a menor porosidade, por esse concreto apresentar menor relação água/cimento.

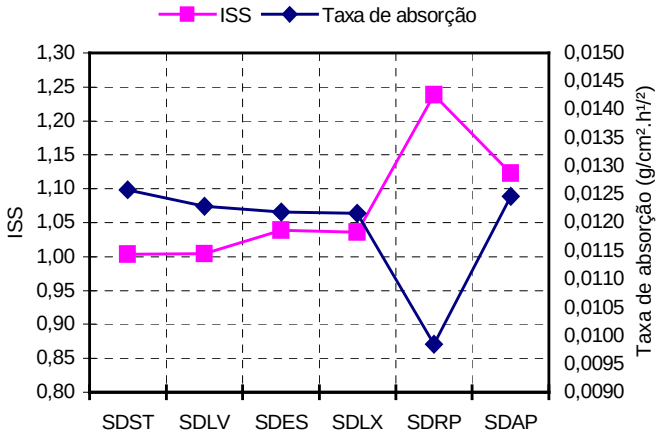
A figura 6.54 mostra graficamente a taxa de absorção para os diferentes tratamentos superficiais realizados nos substratos com e sem desmoldante.



CDST: Com desmoldante sem tratamento
CDLF: Com desmoldante lavado frio
CDLQ: Com desmoldante lavado quente
SDST: Sem desmoldante sem tratamento
SDLF: Sem desmoldante lavado frio
SDES: Sem desmoldante escovado
SDLX: Sem desmoldante lixado
SDRP: Sem desmoldante retardador de pega
SDAP: Sem desmoldante apicoado

Figura 6.54 – Taxa de absorção em função de cada tratamento superficial

Ao se comparar a forma gráfica da taxa de absorção com o incremento de superfície específica (ISS) para cada tratamento superficial, observa-se que a forma gráfica é inversa, diferentemente do que ocorreu com o gráfico dos níveis de resistência do concreto, conforme observa-se na figura 6.55.



SDST: Sem desmoldante sem tratamento
SDLF: Sem desmoldante lavado frio
SDES: Sem desmoldante escovado
SDLX: Sem desmoldante lixado
SDRP: Sem desmoldante retardador de pega
SDAP: Sem desmoldante apicoado

Figura 6.55 – Taxa de absorção e ISS em função dos tratamentos superficiais

A Análise Múltipla de Médias, pelo Teste de Duncan, mostrou que para a Taxa de Absorção, somente os substratos com desmoldante e sem tratamento (CDST) e os substratos tratados com o Retardador de Pega de Superfície (SDRP) possuem taxa de absorção significativamente menores, não possuindo diferença significativa entre si. Todos os demais tratamentos apresentaram taxa de absorção equivalentes, não possuindo diferença significativa entre si.

Isto significa que os substratos com desmoldante ou tratados de forma a expor demasiadamente os agregados - que possuem baixa porosidade - , como é o caso do retardador de pega, diminuem consideravelmente a taxa de absorção, aumentando a resistência capilar (Figura 6.56), como era previsto.

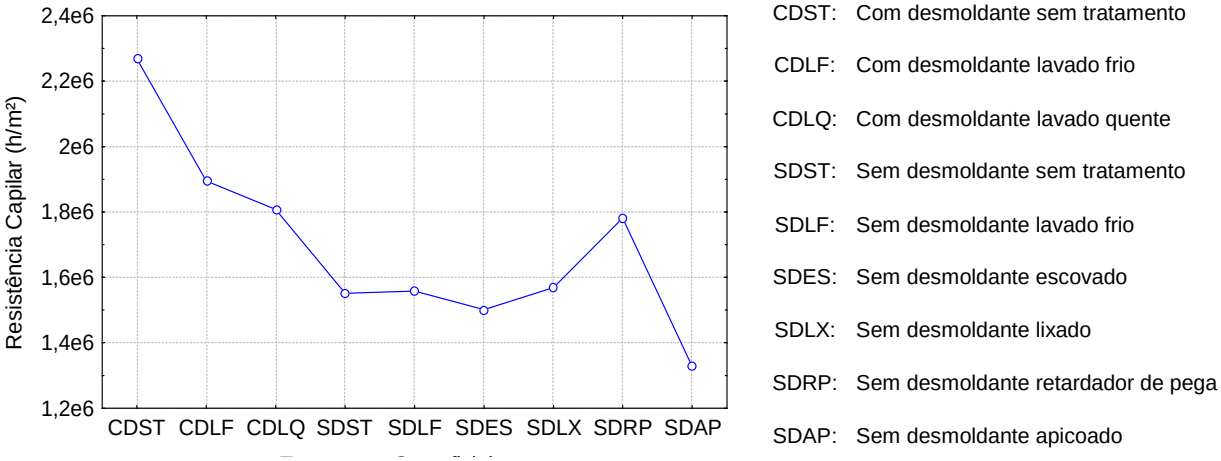


Figura 6.56 – Resistência capilar em função de cada tratamento superficial

Para a resistência capilar, o teste mostrou que o substrato com desmoldante e sem Tratamento (CDST) possui a resistência capilar significativamente maior que todos os demais tratamentos. Da mesma forma, o substrato com desmoldante e lavado a frio (CDLF) também possui a resistência capilar significativamente maior que o escovado (SDES) e o apicoado (SDAP). O substrato cuja superfície foi lavada com água quente, por hidrojateamento, também apresentou resistência capilar significativamente maior que o substrato apicoado, assim como a superfície tratada com o retardador de pega.

Em outras palavras, pode-se dizer que o tratamento apicoado proporcionou as resistências capilares significativamente menores em relação às superfícies com desmoldante ou tratadas com o retardador de pega de superfície.

Atribui-se as menores taxas de absorção e maiores resistências capilares dos substratos com a superfície impregnada com desmoldante ao fato da superfície tornar-se hidrófuga, repelindo a entrada de água nos poros capilares.

Quanto às demais superfícies sem desmoldante: sem tratamento (SDST), lavada (SDLF), escovada (SDES) e lixada (SDLX), apesar de proporcionarem maior aumento da rugosidade e área superficial com a agressividade dos tratamentos, não aumentaram proporcionalmente e significativamente as taxas de absorção.

Na figura 6.57, são apresentadas as curvas de evolução da taxa de absorção de cada concreto, submetidos aos diferentes tratamentos superficiais para os diferentes níveis de resistência.

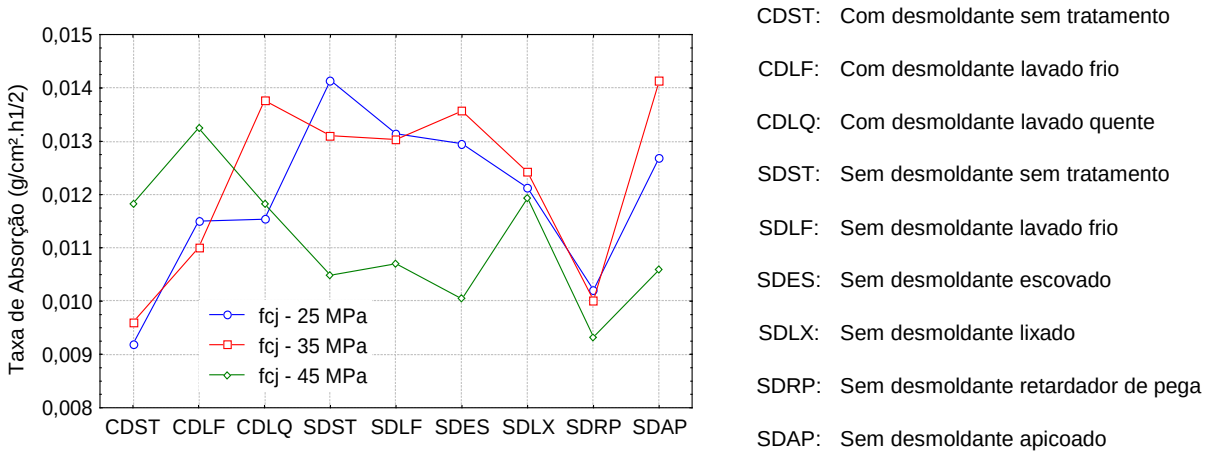


Figura 6.57 – Influência da interação do tratamento superficial e da resistência do concreto na Taxa de absorção do concreto

Ao se analisar a figura 6.57, para cada concreto com os diferentes tratamentos superficiais, observa-se que, para os concretos de menor resistência (25 MPa) e resistência intermediária (35MPa), quando a superfície encontra-se impregnada com desmoldante (CDST e CDLF), as taxas de absorção são significativamente menores que as dos substratos sem desmoldante. Portanto, os poros capilares desses concretos tornaram-se hidrófugos. Por outro lado, o concreto de maior resistência apresentou as melhores taxas de absorção nas superfícies CDST e CDLF. Isto pode ser explicado pelo fato de que, por esse ser o concreto menos poroso, absorveu menores quantidades de desmoldante.

A influência do desmoldante não se limita somente à molhabilidade da superfície, pois no concreto menos poroso (45 MPa) o comportamento frente as taxas de absorção, de uma forma geral, inverteram-se comparativamente aos concretos mais porosos. Isto pode ser explicado pela interação da superfície, mais ou menos rugosa, com os fluidos, óleo e água, bem como a interação entre eles.

Salienta-se que o desmoldante é necessariamente um fluido molhante, por ser lubrificante, mas que após ser aplicado à superfície, torna esta não-molhante. Destaca-se ainda que a absorção de fluidos molhantes (desmoldante, água ou argamassa) pelos poros capilares irá

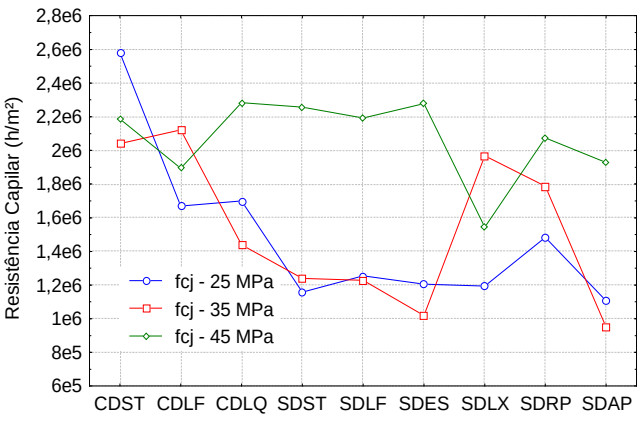
depender da pressão capilar, que por sua vez dependerá do raio de curvatura do ângulo de contato formado entre os líquidos e a superfície, que dependerá ainda da rugosidade da superfície.

Ao se comparar as taxas de absorção entre os concretos para os tratamentos lixado e com retardador de pega, estas praticamente não variaram de um concreto para outro. No entanto, o tratamento lixado no concreto menos poroso proporcionou melhor taxa de absorção comparativamente aos demais tratamentos. Da mesma forma que com o desmoldante, a interação da rugosidade/porosidade da superfície com o fluido molhante, provavelmente alterou o ângulo de contato e a pressão capilar.

Analisando-se o tratamento com retardador de pega de superfície, observa-se também que, apesar de ter sido o tratamento que proporcionou o maior incremento de superfície específica (ISS), foi o tratamento que gerou as menores taxas de absorção. Tal fato comprova que a exposição do agregado, apesar de melhorar a rugosidade, prejudica a absorção por diminuir a porosidade superficial, uma vez que os agregados possuem menor porosidade que a matriz.

A análise múltipla de médias não mostrou significância de aumento nas taxas de absorção para os demais tratamentos.

Com relação à resistência capilar (figura 6.58), é de se esperar que o comportamento seja inverso, ou seja, substratos com maiores taxas de absorção apresentem menores resistências capilares.



CDST: Com desmoldante sem tratamento

CDLF: Com desmoldante lavado frio

CDLQ: Com desmoldante lavado quente

SDST: Sem desmoldante sem tratamento

SDLF: Sem desmoldante lavado frio

SDES: Sem desmoldante escovado

SDLX: Sem desmoldante lixado

SDRP: Sem desmoldante retardador de pega

SDAP: Sem desmoldante apicoado

Figura 6.58 – Influência do tratamento superficial e da resistência do concreto na Resistência capilar

Conforme observa-se no gráfico, para os concretos de menor resistência e resistência intermediária, a medida que os tratamentos superficiais proporcionaram uma maior

superfície de contato (maior ISS), aumentando também a porosidade superficial, a resistência capilar diminui.

No entanto, o concreto de maior resistência apresenta maior taxa de absorção e menor resistência capilar, ou seja, a água penetra mais facilmente nos poros capilares, quando sua superfície encontra-se impregnada com desmoldante e é submetida à lavagem com água fria.

A geometria dos poros e a natureza do sólido, nesse caso o concreto, com certeza são diferentes para os três níveis de resistência estudadas. É sabido que ao se alterar a relação água/cimento, a quantidade, distribuição e tamanho dos poros também se altera. Da mesma forma que ao se tratar a superfície, o incremento de superfície específica foi bem menor no concreto de maior resistência, o que pode alterar o ângulo de contato.

O grau de saturação do meio por fluido molhante irá determinar o volume de fluido acumulado como água pelicular. Essa água pelicular, gerada pela lavagem com água fria, altera a tensão superficial.

Para melhor confirmar esse comportamento inverso do concreto de maior resistência, foi feita uma análise estatística considerando-se o desmoldante como uma variável separada, analisando-se apenas para os substratos sem tratamento e lavados a frio, com e sem desmoldante.

Essa análise mostrou que a resistência do concreto e o desmoldante, bem como a interação entre eles, são significativos.

As figuras 6.59 e 6.60 mostram o comportamento da taxa de absorção e da resistência capilar, respectivamente, nessa análise.

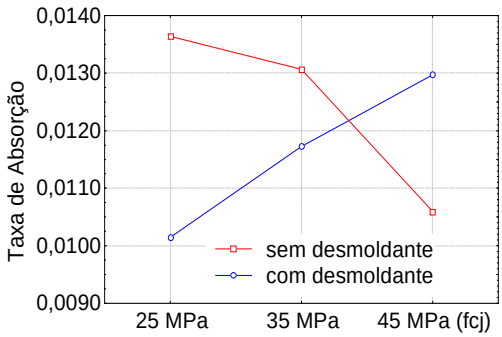


Figura 6.59 – Taxa de absorção para substrato com e sem desmoldante

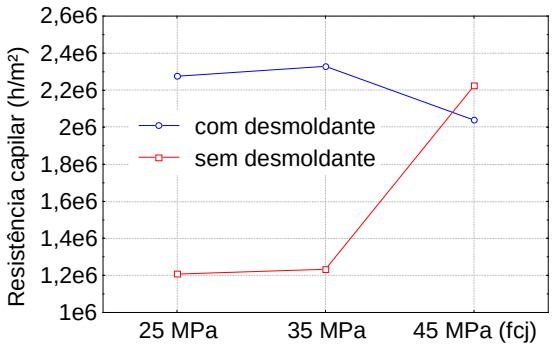


Figura 6.60 – Resistência capilar para substrato com e sem desmoldante

Como se pode observar, para os substratos sem desmoldante, a medida que aumenta a resistência do concreto, a taxa de absorção diminui, como era de se esperar, pois a porosidade diminui.

Inversamente, nos substratos com desmoldante, a taxa de absorção é menor a medida que se diminui a resistência do concreto. Tal fato pode ser explicado pela maior absorção do desmoldante (que é um material hidrófugo) nos concretos mais porosos, ou seja, de maiores relações água/cimento (menores resistências), gerando uma maior repulsão da água, que é comprovado pela maior resistência capilar (Figura 6.60).

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Nesse item apresentam-se os resultados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência e análise da extensão de aderência.

6.2.1 Apresentação dos Resultados de Resistência de Aderência

Basicamente foram três as formas de ruptura: ruptura da argamassa de revestimento, ruptura na interface argamassa de revestimento/chapisco e ruptura na interface chapisco/substrato de concreto.

Quanto à forma de ruptura na argamassa, foi observado que alguns corpos-de-prova, romperam na nata superficial, ou seja numa espessura de argamassa muito fina (até 3 mm, aproximadamente). Esse tipo de ruptura foi atribuído ao desempeno da argamassa, onde uma maior relação água/aglomerante na superfície, cuja água vem à superfície pelo movimento da desempenadeira, geraria uma região de argamassa menos resistente. A hipótese de que poderia ser problema de ancoragem da cola foi descartada, pois eventualmente houve problemas na mistura ou proporcionamento dos componentes do adesivo, mas nesses casos, o tipo de ruptura se dá com a cola ainda fresca nas interfaces pastilha/cola ou cola/argamassa.

Na Tabela 6.8 apresentam-se os resultados das resistências de aderência por tipo de ruptura.

Tabela 6.8 – Média das resistências à tração por tipo de ruptura do sistema de revestimento

Desmoldante	Tratamento superficial	Concreto	Chapisco convencional				Chapisco industrializado			
			N	**A**	**C/A**	**S/C**	**N**	**A**	**C/A**	**S/C**
Com	Sem tratamento	25MPa	—	0,28	0,31	0,12	—	0,06*	—	—
	Lavado frio		—	0,27	0,32	0,19	—	0,07*	—	—
	Lavado quente		0,27	—	0,19	—	—	0,26	—	—
Sem	Sem tratamento		—	0,38	0,28	0,18	—	0,04*	—	—
	Lavado		—	0,25	0,22	0,23	—	0,07*	—	—
	Escovado		—	—	0,26	0,20	—	0,07*	—	—
	Lixado		—	0,30	0,25	—	—	0,35	—	—
	Apicoado		0,19	0,44	0,27	—	—	0,06*	—	—
Com	Sem tratamento	35 MPa	—	0,33	0,20	0,26	—	0,27	—	—
	Lavado frio		0,37	0,36	0,30	0,24	—	0,30	—	—
	Lavado quente		0,15	—	0,13	—	—	0,11	—	—
Sem	Sem tratamento		0,31	—	0,15	0,20	—	0,05*	—	—
	Lavado		0,32	0,25	0,19	0,18	—	0,06*	—	—
	Escovado		0,31	—	0,24	0,17	—	0,26	—	—
	lixado		—	0,28	0,26	—	—	0,26	—	—
	Apicoado		0,25	—	0,23	0,26	—	0,32	—	—
Com	Sem tratamento	45 MPa	—	—	0,16	—	—	0,11	—	—
	Lavado frio		—	—	0,16	—	—	0,11	—	—
	Lavado quente		0,23	—	0,10	0,23	—	0,16	—	—
Sem	Sem tratamento		—	0,26	0,20	—	—	0,13	—	—
	Lavado		—	0,22	0,16	—	—	0,14	—	—
	Escovado		0,16	—	0,09	—	—	0,12	—	—
	lixado		—	0,27	0,22	—	—	0,24	—	—
	Apicoado		0,12	—	0,16	—	—	0,13	—	—

N – ruptura na nata superficial
A – ruptura na argamassa
C/A – ruptura na interface chapisco/argamassa de revestimento
S/C – ruptura na interface substrato/chapisco
* – prismas sofreram alteração nas condições de cura

Na figura 6.70, apresentam-se graficamente as formas de ruptura obtidas para o chapisco convencional, distribuídas por percentagem em que ocorreram considerando-se todos os corpos-de-prova.

Como alguns corpos-de-prova romperam durante o corte, ao serrar, ou ainda durante o ajuste do equipamento de tração, registrou-se a forma de ruptura, sendo portanto considerados.

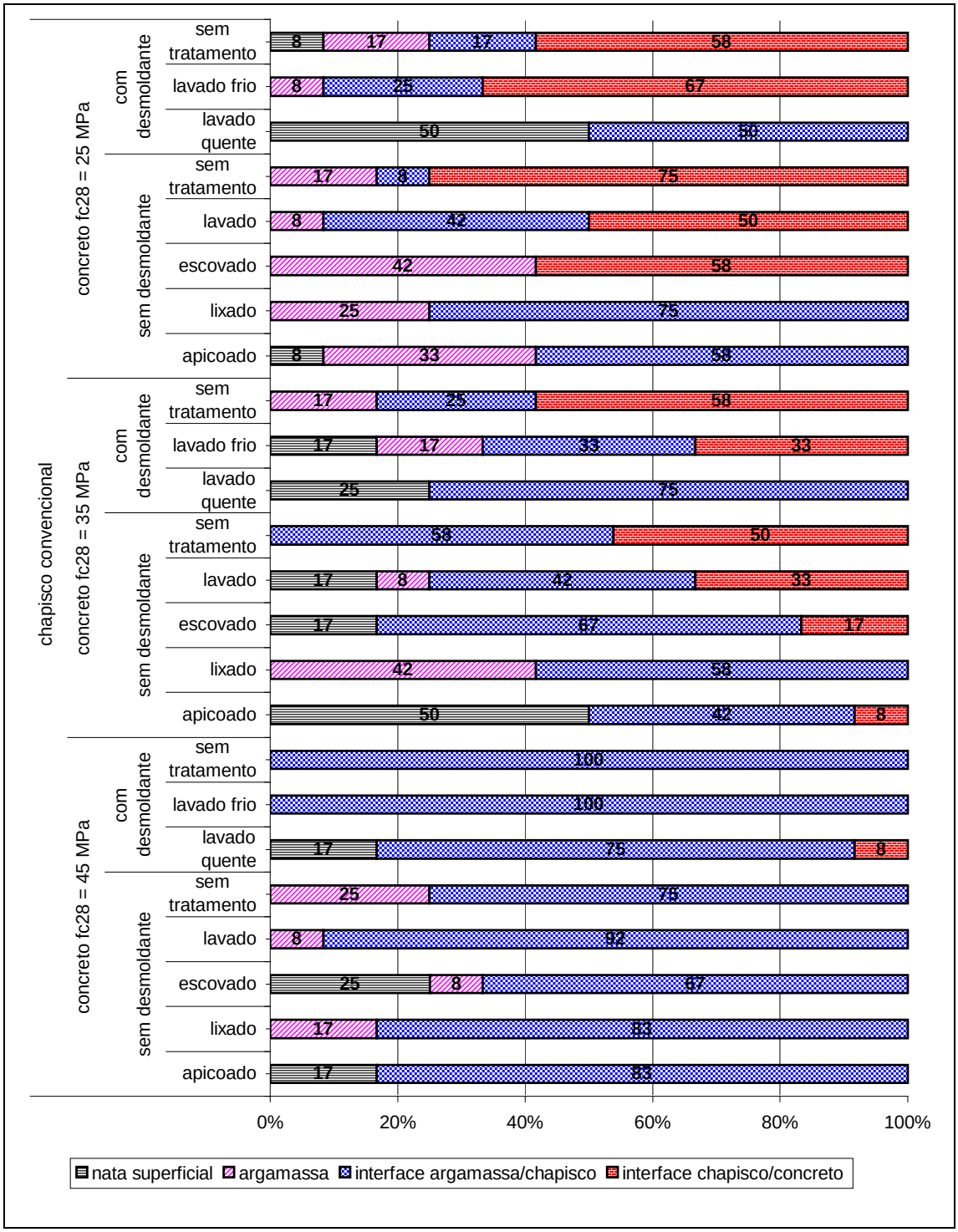


Figura 6.61 – Percentuais de corpos-de-prova rompidos por formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração, chapisco convencional

As rupturas na interface com o concreto do chapisco convencional (Figura 6.70), ocorreram com mais intensidade no concreto menos resistente. Observa-se que as rupturas nessa

interface também diminuíram a medida que a agressividade do tratamento superficial aumenta.

Na figura 6.61, apresentam-se as formas de ruptura obtidas para o chapisco industrializado.

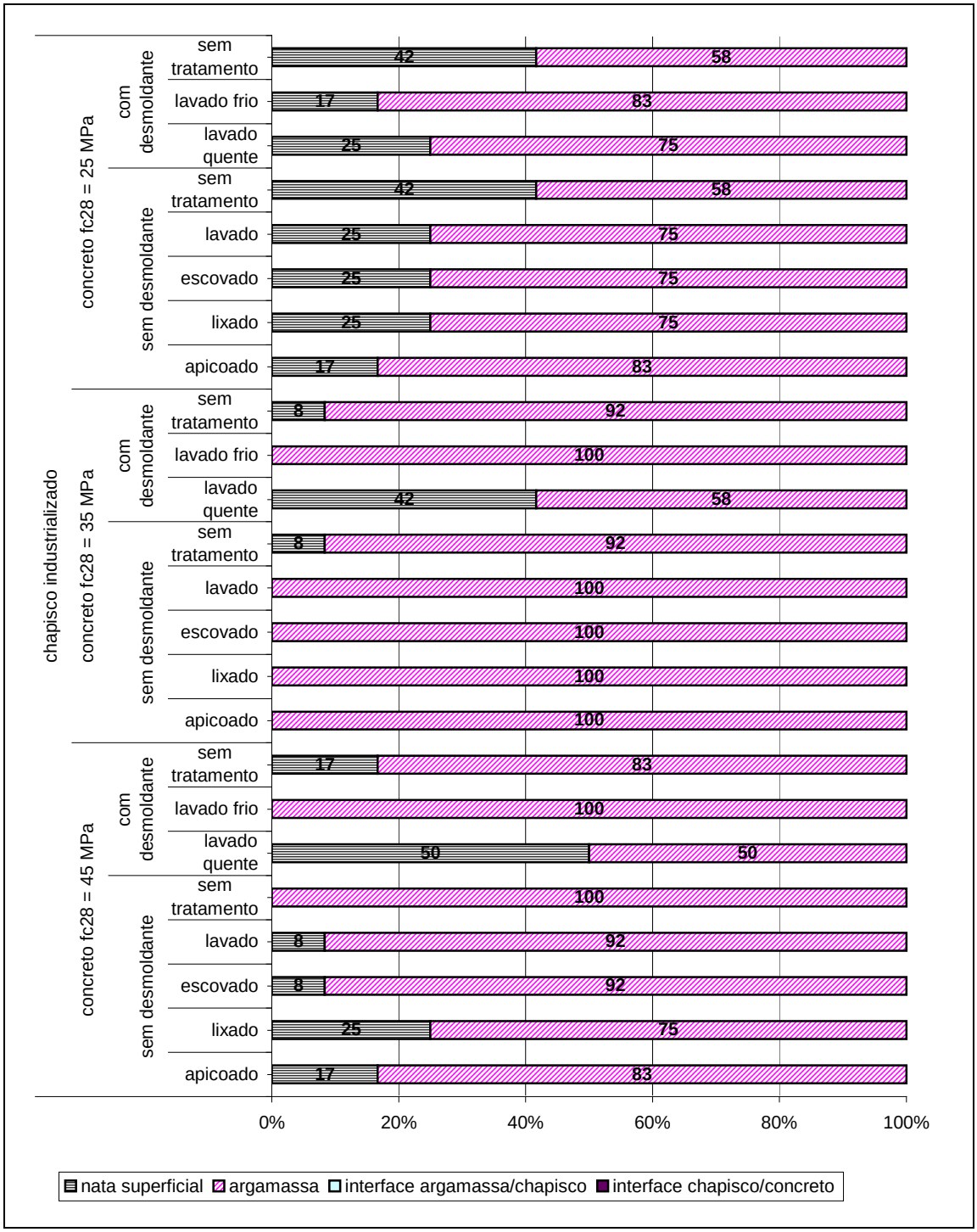


Figura 6.62 - Percentuais de corpos-de-prova rompidos por formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração, chapisco industrializado

Utilizando-se chapisco industrializado na segunda fase (Figura 6.62), não se observou rupturas nas interfaces.

6.2.2 Influência das Variáveis de Estudo na Resistência de Aderência do Subsistema Revestimento

Como o objetivo desse trabalho é avaliar a influência dos tratamentos superficiais na aderência do subsistema revestimento de argamassa, incluindo o chapisco e a argamassa de revestimento, utilizando sistemas e produtos usados atualmente em obras correntes, na análise estatística considerou-se a resistência média para todas as formas de ruptura, e não somente as rupturas na interface com o concreto. Dessa forma, os valores médios correspondem à média geral de todas as formas de ruptura, definindo-se como resistência de aderência não somente o tipo ruptura adesiva, que ocorreu nas interfaces, como também a coesiva, que se deu no corpo do revestimento.

A tabela 6.9 apresenta os valores médios, bem como os desvio padrão e os coeficientes de variação, obtidos no ensaio para determinação da resistência de aderência do revestimento.

Tabela 6.9 – Médias e desvios das resistências à tração do sistema de revestimento.

Desmol -dante	Tipo de tratamento	Tipo de chapisco	Concreto fc_{28} 25 MPa			Concreto fc_{28} 35 MPa			Concreto fc_{28} 45 MPa		
			Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
Com	Sem tratamento	convencional	0,23	0,11	47,59	0,22	0,12	55,80	0,16	0,10	60,26
	Lavado frio		0,21	0,13	61,09	0,27	0,13	46,60	0,14	0,08	58,35
	Lavado quente		0,20	0,11	57,00	0,13	0,06	43,89	0,13	0,06	48,26
Sem	Sem tratamento		0,22	0,14	60,51	0,18	0,09	47,55	0,21	0,08	38,56
	Lavado		0,23	0,13	54,35	0,21	0,08	37,47	0,16	0,07	42,95
	Escovado		0,22	0,10	42,98	0,25	0,13	50,50	0,12	0,06	54,60
	Lixado		0,27	0,07	27,87	0,27	0,13	50,72	0,23	0,10	43,01
	Apicoado		0,32	0,14	44,56	0,24	0,13	51,97	0,16	0,08	49,42
Com	Sem tratamento	industrializado	0,06*	0,02	34,56	0,27	0,10	37,10	0,11	0,04	32,16
	Lavado frio		0,07*	0,03	45,19	0,30	0,05	18,14	0,11	0,08	72,09
	Lavado quente		0,26	0,09	33,23	0,11	0,05	48,29	0,16	0,07	43,55
Sem	Sem tratamento		0,04*	0,02	50,37	0,05*	0,02	33,11	0,13	0,09	69,86
	Lavado		0,07*	0,03	38,41	0,06*	0,02	29,33	0,14	0,09	63,22
	Escovado		0,07*	0,02	34,40	0,26	0,12	45,50	0,12	0,04	35,14
	lixado		0,35	0,11	30,97	0,26	0,15	58,48	0,24	0,16	68,60
	Apicoado		0,06*	0,02	36,97	0,32	0,08	25,46	0,13	0,07	52,94
Sem	Retardador de pega de Superfície	Sem chapisco	0,11	0,05	43,79	0,07	0,06	79,18	0,04	0,04	119,46

* - resultados alterados pela oscilação de temperatura e umidade de cura

Nas resistências de aderência apresentadas na tabela 6.9, alguns prismas sofreram alteração nas condições de cura pelo equipamento de regulagem da câmara climatizada ter-se danificado. Dessa forma, esses resultados, representados com (*), não entraram nas análises estatísticas, por não representarem as reais resistências de aderência. Como os materiais empregados eram de um mesmo lote, e pela falta de disponibilidade de materiais de mesmo lote, não foi possível refazer estes corpos-de-prova.

Nas análises não foi considerado o tratamento realizado com o retardador de pega de superfície, pois as resistências de aderência foram muito baixas, não sendo portanto tal produto recomendado como tratamento superficial. No entanto, esses resultados não devem ser considerados como definitivos, necessitando mais estudos de forma a tornar viável sua aplicação como tratamento superficial.

Os itens a seguir mostram os resultados de acordo com as análises estatísticas realizadas utilizando a ANOVA e também a análise múltipla de médias pelo Teste de Duncan.

A tabela 6.10 apresenta os resultados da análise estatística realizada com as variáveis nível de resistência do concreto e tipo de tratamento superficial. A variável chapisco pode ser analisada somente nos estudos preliminares, pois perdeu-se grande quantidade de corpos-de-prova do chapisco industrializado, conforme comentado anteriormente.

Tabela 6.10 – Análise estatística ANOVA: Influência do nível de resistência do concreto

Variável de resposta	Variáveis dependentes	Graus de liberdade	Média quadrática	F calculado	Significância
Resistência de Aderência	Concreto	2	0,140090	12,86430	Significativo
	Tratamento Superficial	7	0,031771	2,91749	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	14	0,015852	1,45570	Não Significativo
	Erro	264	0,010890		

6.2.2.1 Nível de Resistência do Concreto

A figura 6.63 mostra a influência do nível de resistência do concreto nas resistências de aderência.

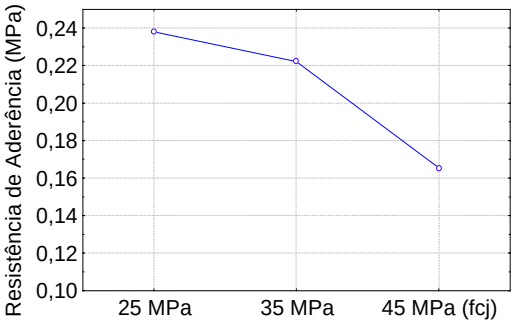


Figura 6.63 – Influência do Nível de Resistência do concreto na Resistência de Aderência

De acordo com o teste de Duncan, os valores correspondentes aos concretos 25 e 35 não são significativos entre si. Portanto, a influência da resistência do concreto é mais significativa quando compara-se os resultados do concreto de maior resistência com os demais. Conforme já observado nos resultados de sucção capilar.

6.2.2.2 Uso do Desmoldante

A análise do desmoldante foi feita de duas formas: uma considerando o desmoldante conjuntamente com o tratamento superficial, cuja análise já foi apresentada na tabela e 6.11, e outra considerando o desmoldante como mais uma variável, onde foram avaliados somente os substratos de referência, sem tratamento e o tratamento lavado frio.

Nessa análise somente foram considerados os substratos sem tratamento e lavado a frio, pois os demais tratamentos não foram testados em substratos com e sem desmoldante. Por exemplo, o tratamento lavado a quente só foi executado nos substratos com desmoldante, não possuindo o sem desmoldante para comparar estatisticamente, assim como os outros tratamentos só foram executados nos substratos sem desmoldante.

A tabela 6.11 apresenta os resultados da análise estatística realizada considerando-se somente o chapisco convencional e considerando-se o desmoldante como mais uma variável.

Tabela 6.11 - Análise estatística por ANOVA: influência do desmoldante

Variável de resposta	Variáveis dependentes	Graus de liberdade	Média quadrática	F calculado	Significância
Resistência de aderência	Concreto	2	0,041453	3,670396	Significativo
	Desmoldante	1	0,000009	0,000831	Não Significativo
	Tratamento Superficial*	1	0,000033	0,002883	Não Significativo
	Concreto x Desmoldante	2	0,021016	1,860874	Não Significativo
	Concreto x Trat Sup.	2	0,017984	1,592337	Não Significativo
	Desmol x Trat Sup.	1	0,001056	0,093494	Não Significativo
	Conc x Desmol x Chap	2	0,003304	0,292570	Não Significativo
	ERRO	132	0,011294		

* - sem tratamento e lavado a frio

Como se pode observar, não houve influência do desmoldante nem de sua interação com as demais variáveis.

No entanto, nos estudos preliminares, que estão apresentados no Apêndice C, verificou-se que o efeito isolado do desmoldante não foi significativo nas resistências de aderência, mas que o efeito combinado do desmoldante com o nível de resistência do concreto, ou ainda combinado com o chapisco, mostrou ser significativo.

A tabela 6.12 apresenta os resultados da análise estatística realizada nos ensaios preliminares.

Tabela 6.12 - Análise estatística por ANOVA: influência do desmoldante

Variável de resposta	Variáveis dependentes	Graus de liberdade	Média quadrática	F calculado	Significância
Resistência de aderência	Concreto	2	0,011524	2,514571	Não Significativo
	Desmoldante	1	0,000624	0,136058	Não Significativo
	Tratamento Superficial*	1	0,000148	0,032194	Não Significativo
	Tipo de Chapisco	1	0,272813	59,52965	Significativo
	Concreto x Desmoldante	2	0,054635	11,92165	Significativo
	Concreto x Trat Sup.	2	0,001226	0,267609	Não Significativo
	Desmol x Trat Sup.	1	0,003053	0,666138	Não Significativo
	Conc x Chapisco	2	0,043433	9,477452	Significativo
	Desmoldante x Chapisco	1	0,001117	0,243654	Não Significativo
	Trat Sup. x Chapisco	1	0,000829	0,180800	Não Significativo
	Conc x Desmol x Trat Sup	2	0,004353	0,949776	Não Significativo
	Conc x Desmol x Chap	2	0,079231	17,288760	Significativo
	Conc x Trat Sup x Chap.	2	0,007575	1,652855	Não Significativo
	Desm x Trat Sup x Chap.	1	0,003990	0,870681	Não Significativo
	Conc x Desm x Tr Sup x Ch	2	0,001806	0,394101	Não Significativo
	ERRO	265	0,004583		

* - sem tratamento e lavado a frio

A figura 6.64 mostra a influência do desmoldante nos diferentes substratos de concreto.

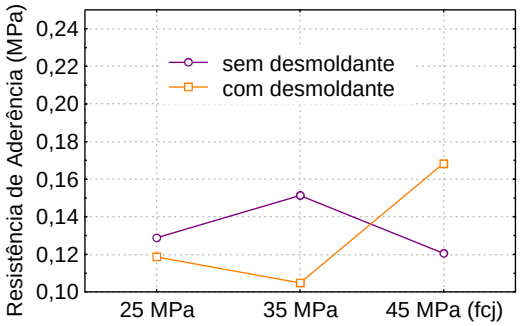


Figura 6.64 - Influência do desmoldante nos diferentes níveis de resistência dos substratos de concreto na resistência de aderência

A figura 6.64 mostra que, para os substratos de concreto de maior resistência com desmoldante, as resistências de aderência foram superiores às dos substratos sem desmoldante.

Portanto, os resultados obtidos na resistência de aderência estão coerentes com as análises feitas anteriormente para as taxas de absorção de água, as quais para o concreto de maior resistência, também foram maiores quando o concreto apresentava desmoldante na superfície, o que confirma a influência do desmoldante na sucção pelos poros capilares.

A Figura 6.65 mostra a interação entre as variáveis concreto, desmoldante e tipo de chapisco.

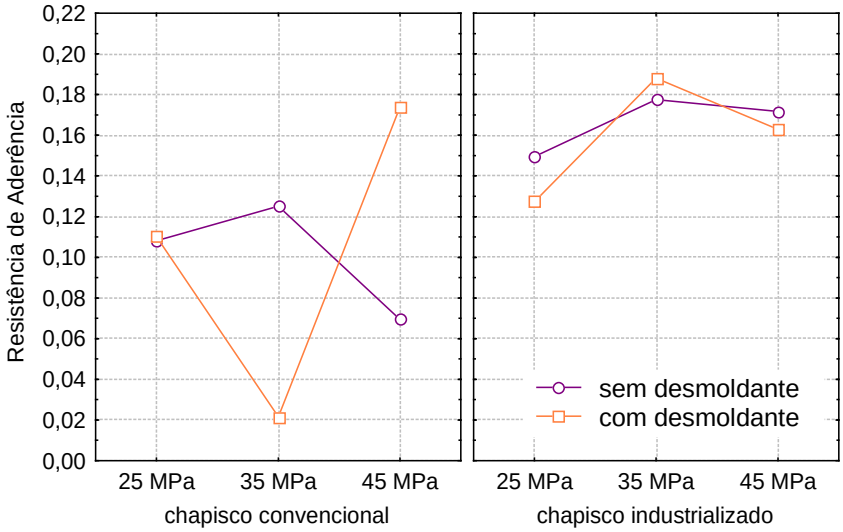


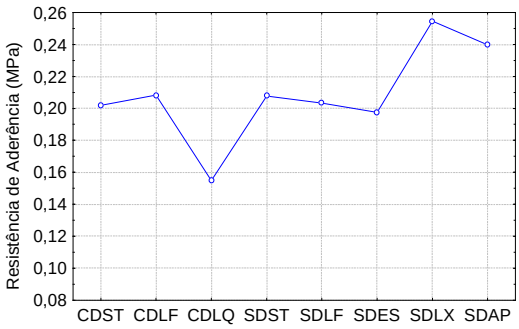
Figura 6.65 - Influência do desmoldante nos diferentes níveis de resistência dos substratos de concreto para cada chapisco, na resistência de aderência

Como se pode observar, a maior influência do desmoldante foi no chapisco convencional, pois no chapisco industrializado não há diferença significativa nas resistências de aderência entre os substratos com ou sem desmoldante.

6.2.2.3 Tipo de Tratamento Superficial

Da mesma forma que na análise realizada para a taxa de absorção de água, em que o tratamento realizado com retardador de pega gerou as mais baixas taxas de absorção, na análise das resistências de aderência, esse tratamento gerou as piores resistências de aderência. Além disso, como seu uso só seria viável eliminando a camada de chapisco, este tratamento não entrou nas análises estatísticas que avaliaram também a influência da camada de preparo (chapisco).

Na Figura 6.66 são apresentadas as resistências de aderência médias da primeira fase e segunda fase, respectivamente, para cada tratamento superficial, utilizando-se o chapisco convencional. Na segunda fase, o tratamento lixado também foi avaliado.



CDST: Com desmoldante sem tratamento
CDLF: Com desmoldante lavado frio
CDLQ: Com desmoldante lavado quente
SDST: Sem desmoldante sem tratamento
SDLF: Sem desmoldante lavado frio
SDES: Sem desmoldante escovado
SDLX: Sem desmoldante lixado
SDRP: Sem desmoldante retardador de pega

Figura 6.66 – Influência do Tratamento Superficial na Resistência de Aderência

Os substratos com desmoldante lavados a frio ou não (CDST e CDLF), não geraram resistências estatisticamente diferentes, ou seja, simplesmente lavar a frio não remove o desmoldante nem melhora a resistência de aderência. Da mesma forma os substratos com e sem desmoldante, lavados ou não, não são significativos entre si, assim como o lavado a quente. O que indica que simplesmente o fato de não ter desmoldante na superfície não significa que as resistências de aderência serão melhores.

O tratamento escovado (SDES) não proporcionou aumento significativo nas resistências de aderência. Entretanto, o tratamento apicoado proporcionou resistências de aderência significativamente maiores que todos os demais tratamentos, em ambas as fases.

Como se pode observar, o tratamento lixado, proporcionou as mais altas resistências de aderência, sendo estatisticamente maior que o escovado, e não significativamente maior em relação ao apicoado. Ou seja, ambos os tratamentos, lixado e apicoado, proporcionaram aumento significativo nas rugosidade de forma a melhorar as resistências de aderência.

Portanto, de uma forma geral, conclui-se que para que os tratamentos superficiais exerçam influencia significativa nas resistências de aderência, devem fornecer parâmetros de rugosidade (Ra) superiores aos encontrados para o tratamento escovado.

Na figura 6.67, apresenta-se a evolução dos tratamentos superficiais para os três níveis de resistência dos substratos de concreto estudados. Salienta-se que, considerando-se somente o chapisco convencional, a interação entre a resistência do concreto com os tratamentos superficiais, não foi significativa.

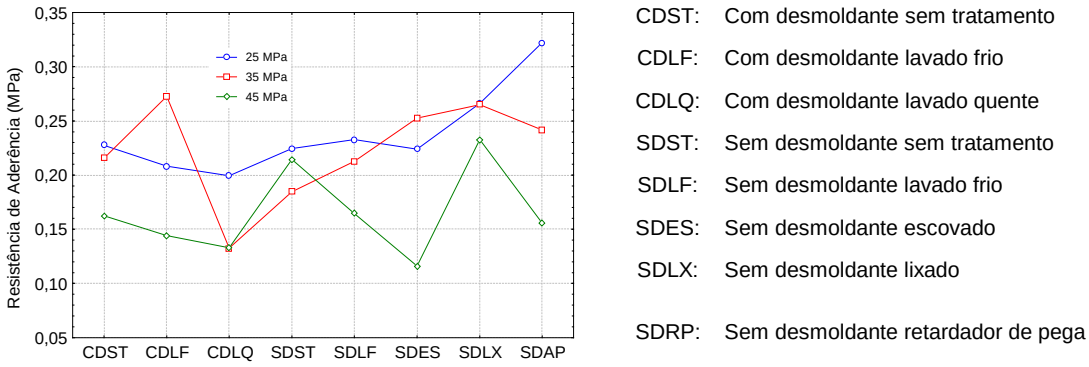


Figura 6.67 – Influência da interação entre nível de resistência do concreto e tratamento superficial na resistência de aderência do revestimento

Na Figura 6.67 em que a análise foi feita somente para o chapisco convencional, para o concreto de menor resistência, em que a maioria das rupturas foram na interface com o concreto, o tratamento apicoado foi significativamente maior em relação aos demais. Para o concreto de resistência intermediária, com a superfície isenta de desmoldante, foi observada um crescente e significativo aumento nas resistências de aderência. No concreto de maior resistência praticamente não se obteve rupturas na interface com o concreto e a variabilidade dos resultados foi maior.

6.2.2.4 Tipo de Chapisco

A análise contendo os dois tipos de chapisco são referentes aos estudos preliminares.

Na figura 6.68, mostra-se o efeito de segunda ordem da resistência do concreto com o tipo de chapisco. Na figura 6.69, mostra-se o efeito de segunda ordem dos tratamentos superficiais com o tipo de chapisco As resistências de aderência foram significativamente maiores quando se utilizou chapisco industrializado.

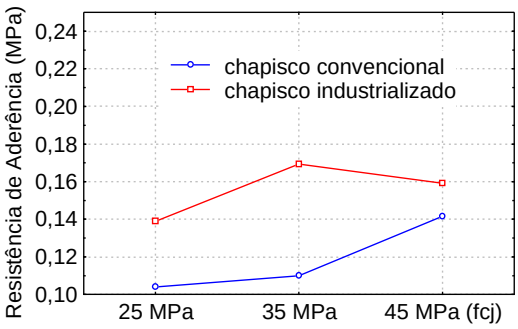


Figura 6.68 – Resistência de aderência em função do nível de resistência do concreto e do tipo de chapisco

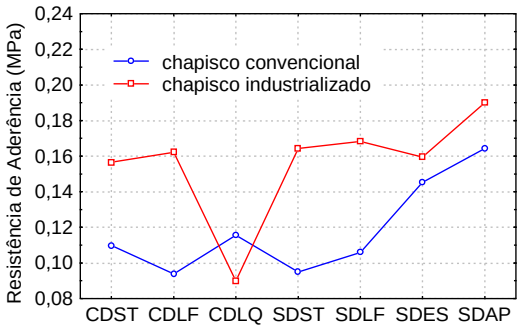


Figura 6.69 – Resistência de aderência em função dos tratamentos superficiais e do tipo de chapisco

O tratamento lavado a quente realizado nos substratos com desmoldante (CDLQ) foi o tratamento que proporcionou as piores resistências de aderência para o chapisco industrializado, sendo estatisticamente significativo em relação a todos os demais.

Provavelmente a alta temperatura empregada tenha alterado algum componente do desmoldante que ficou retido nos poros do concreto e que ao receber o chapisco industrializado, tenha reagido com algum componente dos aditivos da argamassa adesiva, perdendo seu poder adesivo.

Para o chapisco convencional, os únicos tratamentos realizados nos substratos sem desmoldante, que não foram significativos entre si, foram o sem tratamento com relação ao lavado frio, e o escovado com relação ao apicoado. Esses tratamentos com relação aos demais foram significativos. Em suma, pode-se afirmar que escovar ou apicoar geram resistências de aderência significativamente maiores que os substratos sem tratamento ou somente lavados, quando se utiliza chapisco convencional.

Portanto, ao se utilizar chapisco convencional, é recomendado que se trate a superfície de forma a criar rugosidade com o valor de parâmetro de rugosidade Ra igual ou superior aos encontrados para o tratamento escovado.

Em contrapartida, os substratos que receberam chapisco industrializado não necessitariam de tratamento superficial, pois as resistências de aderência foram maiores já para os substratos sem tratamento ou somente lavados, sendo praticamente as mesmas do substrato escovado. Um ganho de resistência ainda mais significativo é obtido quando se executa um tratamento mais agressivo, como o apicoado.

Outra consideração a ser feita é a maior influência do uso do desmoldante quando se emprega chapisco convencional, conforme mostra a figura 6.70.

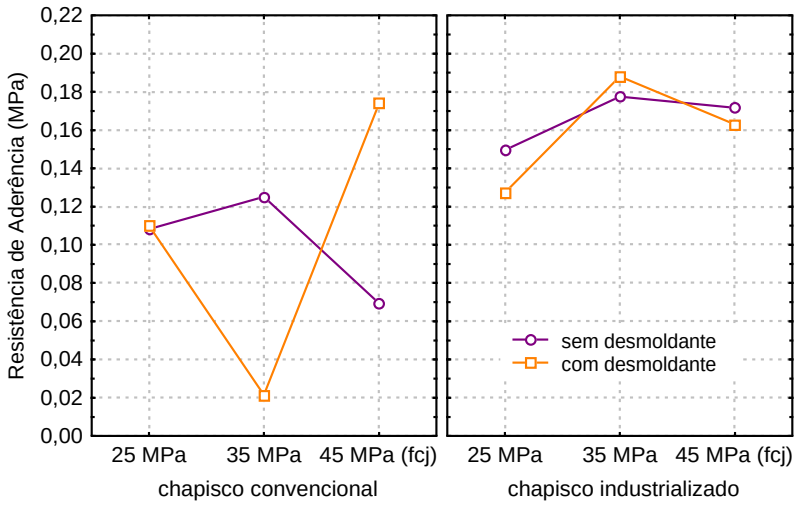


Figura 6.70 – Influência do uso do desmoldante nos tipos de chapisco

6.2.3 Extensão de Aderência

A observação da extensão de aderência dos corpos-de-prova extraídos de cada face dos prismas foi feita com o objetivo de se identificar os principais defeitos ocorridos. Portanto, nas tabelas 6.13 a 6.16, para cada tratamento, estão apresentadas as medições feitas percentualmente das regiões mais defeituosas de cada corpo-de-prova.

Como as baixas resistências de aderência obtidas nos estudos preliminares fez com que se alterasse a quantidade de água e a aplicação da argamassa de revestimento, são apresentados também os resultados do estudo preliminar para fins de comparação com os ensaios posteriores realizados.

As extensões de aderência nas interfaces estão indicadas com uma numeração de 1 a 10 que representam, de acordo com a numeração a seguir, os percentuais de contato efetivo no comprimento avaliado. Cada comprimento de amostragem tem aproximadamente 27 mm.

1	=	0	a	10	%	6	=	51	a	60	%
2	=	11	a	20	%	7	=	61	a	70	%
3	=	21	a	30	%	8	=	71	a	80	%
4	=	31	a	40	%	9	=	81	a	90	%
5	=	41	a	50	%	10	=	91	a	100	%

Tabela 6.13 – Extensão de aderência para chapisco convencional, Estudo Preliminar

CHAPISCO CONVENCIONAL - Estudo Preliminar	concreto	desmoldante	Tratamento superficial	Interface argamassa/chapisco	Interface chapisco/concreto
	25	Com	Sem tratamento	10	10
		Com	Lavado frio	8	10
		Com	Lavado quente	10	10
		Sem	Sem tratamento	9	10
		Sem	Lavado frio	10	10
		Sem	Escovado	9	10
		Sem	Lixado	3	10
		Sem	Apicoado	10	10
	35	Com	Sem tratamento	7	9
		Com	Lavado frio	—	—
		Com	Lavado quente	10	10
		Sem	Sem tratamento	10	10
		Sem	Lavado frio	10	10
		Sem	Escovado	—	—
		Sem	Lixado	3	10
		Sem	Apicoado	7	9

CHAPISCO CONVENCIONAL - Estudo	concreto	desmoldante	Tratamento superficial	Interface argamassa/chapisco	Interface chapisco/concreto
	45	Com	Sem tratamento	10	10
		Com	Lavado frio	9	10
		Com	Lavado quente	10	10
		Sem	Sem tratamento	—	
		Sem	Lavado frio	8	10
		Sem	Escovado	10	10
		Sem	Lixado	3	10
		Sem	Apicoado	10	9

Tabela 6.14 –Extensão de aderência para chapisco industrializado, Estudo Preliminar

CHAPISCO INDUSTRIALIZADO - Estudo Preliminar	concreto	desmoldante	Tratamento superficial	Interface argamassa/chapisco	Interface chapisco/concreto
	25	Com	Sem tratamento	8	10
		Com	Lavado frio	8	10
		Com	Lavado quente	9	10
		Sem	Sem tratamento	8	10
		Sem	Lavado frio	4	10
		Sem	Escovado	6	10
		Sem	Lixado	6	10
		Sem	Apicoado	9	10
	35	Com	Sem tratamento	6	10
		Com	Lavado frio	8	10
		Com	Lavado quente	5	10
		Sem	Sem tratamento	7	10
		Sem	Lavado frio	8	10
		Sem	Escovado	3	9
		Sem	Lixado	8	9
		Sem	Apicoado	4	10
	45	Com	Sem tratamento	3	10
		Com	Lavado frio	7	9
		Com	Lavado quente	3	10
		Sem	Sem tratamento	9	10
		Sem	Lavado frio	4	10
		Sem	Escovado	—	—
		Sem	Lixado	6	10
		Sem	Apicoado	9	10

Tabela 6.15 – Extensão de aderência Retardador de Pega de Superfície – Estudo Preliminar

SEM CHAPISCO	concreto	Tratamento superficial	Interface argamassa/concreto
	25	Retardador de pega de superfície	2
	35		3
	45		1

Tabela 6.16 – Extensão de aderência para chapisco convencional

	concreto	desmoldante	Tratamento superficial	Interface argamassa/chapisco	Interface chapisco/concreto
CHAPISCO CONVENCIONAL	25	Com	Sem tratamento	7	9
		Com	Lavado frio	9	10
		Com	Lavado quente	8	9
		Sem	Sem tratamento	8	8
		Sem	Lavado frio	—	—
		Sem	Escovado	7	8
		Sem	Lixado	—	—
		Sem	Apicoado	7	10
	35	Com	Sem tratamento	3	8
		Com	Lavado frio	6	10
		Com	Lavado quente	6	9
		Sem	Sem tratamento	—	—
		Sem	Lavado frio	—	—
		Sem	Escovado	6	9
		Sem	Lixado	8	8
		Sem	Apicoado	8	10
	45	Com	Sem tratamento	8	9
		Com	Lavado frio	6	8
		Com	Lavado quente	8	9
		Sem	Sem tratamento	5	9
		Sem	Lavado frio	8	9
		Sem	Escovado	6	8
		Sem	Lixado	9	9
		Sem	Apicoado	9	9

Tabela 6.17 – Extensão de aderência para chapisco industrializado

	concreto	desmoldante	Tratamento superficial	Interface argamassa/chapisco	Interface chapisco/concreto
CHAPISCO INDUSTRIALIZADO	25	Com	Sem tratamento	10	10
		Com	Lavado frio	8	10
		Com	Lavado quente	9	10
		Sem	Sem tratamento	6	9
		Sem	Lavado frio	10	10
		Sem	Escovado	4	9
		Sem	Lixado	—	—
		Sem	Apicoado	9	9
	35	Com	Sem tratamento	8	10
		Com	Lavado frio	10	10
		Com	Lavado quente	8	10
		Sem	Sem tratamento	10	10
		Sem	Lavado frio	7	9
		Sem	Escovado	10	10
		Sem	Lixado	9	10
		Sem	Apicoado	9	10

	concreto	desmoldante	Tratamento superficial	Interface argamassa/chapisco	Interface chapisco/concreto
CHAPISCO INDUSTRIALIZADO	45	Com	Sem tratamento	7	10
		Com	Lavado frio	2	9
		Com	Lavado quente	6	9
		Sem	Sem tratamento	10	10
		Sem	Lavado frio	7	10
		Sem	Escovado	8	10
		Sem	Lixado	9	10
		Sem	Apicoado	6	10

Tabela 6.18 – Extensão de aderência Retardador de Pega de Superfície

	concreto	Tratamento superficial	Interface argamassa/concreto
SEM CHAPISCO	25	Retardador de pega de superfície	1
	35		2
	45		1

Apesar do chapisco industrializado ter proporcionado as melhores médias de resistência de aderência do subsistema de revestimento como um todo, ao se analisar as interfaces microscopicamente, observou-se que a área de contato da argamassa de revestimento, em geral, foi maior no chapisco convencional (Figura 6.71) do que no chapisco industrializado, embora em alguns casos a extensão de aderência tenha sido baixa, como mostrado na figura 6.72.

Figura 6.71 – concreto 45 com desmol lavado frio, ampliação de 6.7x

Figura 6.72 – concreto 45 lixado, Estudo Preliminar, ampliação de 6.7x

No chapisco industrializado (Figuras 6.74 a 6.78) foi observado, até mesmo macroscopicamente (figura 6.73) que a argamassa não penetrou completamente nos espaços proporcionados pelos dentes da desempenadeira, quando esta foi aplicada pelo

sistema convencional, ou seja, apenas lançada pelo pedreiro, como executado no Estudo Preliminar.

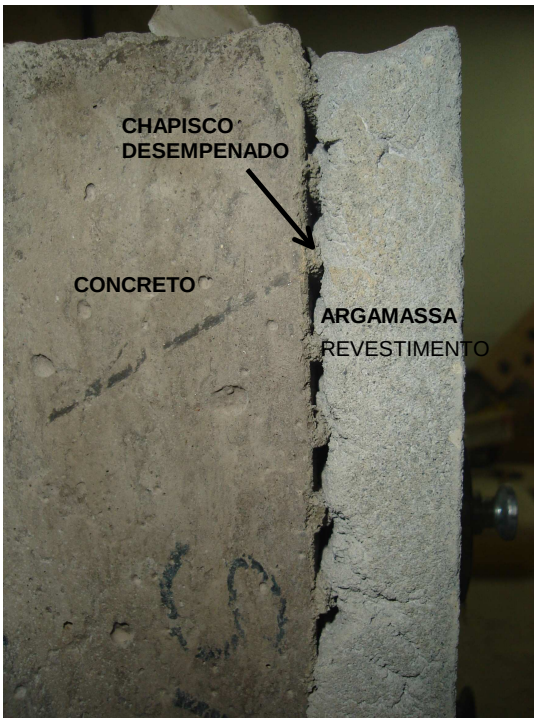


Figura 6.73 - Vista lateral do revestimento aplicado sobre substrato de concreto no Estudo Preliminar

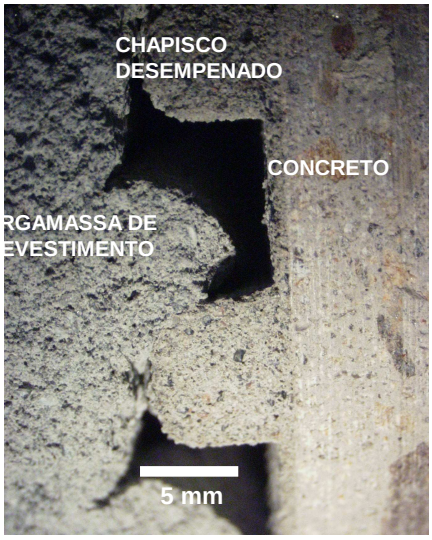


Figura 6.74 – Interface concreto 25 MPa – sem desmoldante, lavado, ch. Ind., Estudo Preliminar; ampliação 6,7x

Figura 6.75 – Interface concreto 25 MPa – sem desmoldante lavado, ch ind, Estudo Preliminar, ampliação 6,7x

Figura 6.76 – Interface concreto 45 MPa com desmoldante lav quente, ch ind, Estudo Preliminar – ampliação 6,7x

Figura 6.77 – Interface concreto 25 MPa c/ desmoldante, lav. quente, ch ind, Estudo Preliminar – ampliação 6,7x

Figura 6.78 – Interface concreto 35 MPa escovado, ch ind, Estudo Preliminar, ampliação 6,7x

Figura 6.79 – Interface concreto 45 MPa com desmoldante, sem trat. , ch. Ind. Estudo Preliminar – ampliação 10x

Na Figura 6.79 observa-se vazio no interior do dente do chapisco industrializado.

Quando a argamassa foi aplicada sobre este chapisco, de acordo com o treinamento realizado junto ao fabricante - que sugere que a argamassa seja previamente aplicada com o lado liso da desempenadeira e posteriormente seja lançada manualmente - não foram observados os defeitos de preenchimento notados anteriormente. No entanto, entre a camada aplicada com o lado liso da desempenadeira e a camada aplicada manualmente, lançada pelo pedreiro, foi observada a geração de uma nova interface pela criação de vazios incorporados pelo lançamento (Figuras 6.80 a 6.83).

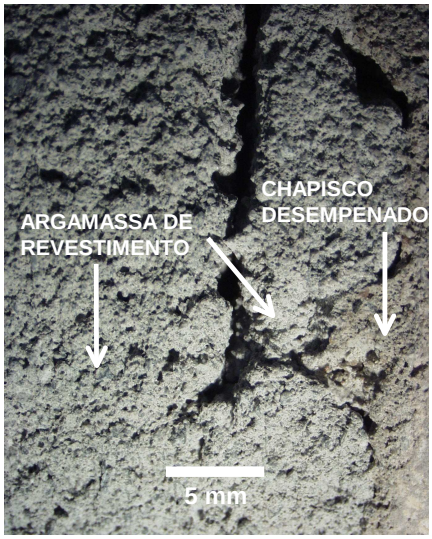


Figura 6.80 – Interface concreto 45 MPa, apicoado, chapisco industrializado– ampliação 6,7x

Figura 6.81 – Interface concreto 35 MPa – com desmoldante lavado quente, chapisco industrializado- ampliação 6,7x

Figura 6.82 – Interface concreto 45 MPa com desmoldante lavado frio, chapisco industrializado, ampliação 6,7x

Figura 6.83 – Interface concreto 45 MPa com desmoldante lavado frio, chapisco industrializado, ampliação 6,7x

Frente ao exposto acima, pode-se observar que nas duas formas de aplicação existe um problema de defeito de interface. No primeiro caso, surgem duas hipóteses de causa dos defeitos: devido à consistência da argamassa, ou a rugosidade proporcionada pelo tamanho dos dentes da desempenadeira, que gerou efeito Tapete de Fakir. No segundo caso, fica evidente a incorporação de ar proporcionada pelo tipo de aplicação, gerando uma nova interface.

Portanto, conforme já afirmado por FIORITO (1994), surge o questionamento de qual seria o tipo de desempenadeira mais adequada para aplicação de argamassa de chapisco industrializado, a qual deverá fornecer uma rugosidade apropriada a uma outra camada de argamassa. Ou ainda que consistência a argamassa de chapisco industrializada deverá ter,

a fim de que o sua tensão superficial esteja numa escala compatível com a desempenadeira com dentes de abertura quadrada 6 x 6 mm espaçados a cada 6 mm.

Como exemplo da importância do tamanho dos poros na ancoragem mecânica, tem-se nas figuras 6.84 e 6.85, respectivamente, o exemplo de um poro na superfície do concreto onde a argamassa de chapisco convencional conseguiu penetrar, e outro, onde a argamassa não conseguiu penetrar.

Figura 6.84 – Interface concreto 35 MPa apicoado, chapisco convencional, ampliação de 7,6x

Figura 6.85 – Interface concreto 25 MPa sem desmoldante lavado frio, chapisco convencional, ampliação de 7,6x

Nos substratos onde foi empregado o retardador de pega de superfície a argamassa de revestimento não aderiu, gerando baixíssimas resistências de aderência, e mínima extensão de aderência, conforme ilustram as figuras 6.86 e 6.87.

Figura 6.86 – Interface concreto 25, retardador de pega de superfície, sem chapisco, Estudo Preliminar, ampliação 6,7x

Figura 6.87 – Interface concreto 25, retardador de pega de superfície, sem chapisco, ampliação 6,7x.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no programa experimental e das análises realizadas, apresentam-se nesse capítulo as conclusões, válidas em princípio para os materiais, técnicas e equipamentos empregados nesta pesquisa. Apresenta-se as conclusões obtidas na caracterização dos substratos de concreto tratados superficialmente e, posteriormente, as conclusões obtidas na avaliação da aderência dos revestimentos

7.1 SUBSTRATO DE CONCRETO TRATADO SUPERFICIALMENTE

7.1.1 Rugosidade

Avaliando-se o substrato de concreto, conclui-se que, de uma forma geral, somente o tipo de tratamento superficial empregado exerce influência na rugosidade avaliada em duas dimensões (perfis de rugosidade), ou seja, as rugosidades geradas independem do nível de resistência do concreto. Isto pode ser verificado na análise múltipla de médias em que somente o parâmetro Rmax teve influência do nível de resistência do concreto e da interação entre as variáveis.

Para o parâmetro Ra, que é o mais empregado para avaliar a rugosidade bidimensionalmente, os concretos sem tratamento, lavado, escovado e lixado apresentam rugosidades semelhantes, conforme análise múltipla de médias. As rugosidades geradas por estes tratamentos são inferiores às geradas pelos tratamentos apicoados e através do uso do retardador de pega, sendo na ordem de 100 vezes menor.

Avaliando-se a rugosidade tridimensionalmente, estimando-se a superfície potencial de contato, tanto os tipos de tratamentos superficiais quanto o nível de resistência do concreto e a interação entre eles, exercem influência no Incremento de Superfície Específica (ISS).

Os tratamentos que mais proporcionam aumento da superfície potencial de contato são os tratamentos apicoado e a utilização do retardador de pega que proporcionaram acréscimos de área de aproximadamente 12% e 22%, respectivamente. Os tratamentos escovado e lixado aumentaram a superfície potencial de contato em aproximadamente 2%.

Diferentemente do que ocorre quando se avalia a rugosidade bidimensionalmente, ao se avaliar tridimensionalmente, escovar e lixar, geram superfícies potenciais de contato

estatisticamente maiores que os substratos sem tratamento ou somente lavados. Entretanto, o incremento de superfície específica gerado pelo tratamento lixado é praticamente o mesmo gerado pela escovação, o que pode ser observado pelo acréscimo de área expresso em percentagem.

Outra consideração em relação à análise da rugosidade por perfis ou área é que, enquanto que na análise bidimensional, através de perfis, o tratamento que gerou as maiores rugosidades foi o apicoado, na análise tridimensional o tratamento que gerou os maiores Incrementos de Superfície Específica (ISS) foi o realizado com o retardador de pega de superfície. Atribui-se essa diferença ao fato de na medição da rugosidade bidimensional, através de perfis, o perfil de forma (ondulação) ser separado do perfil de rugosidade, assim como os desvios macro-geométricos, através da filtragem, que faz com que a análise dos parâmetros seja realizada somente com o perfil de rugosidade. Como para o concreto a análise deve ser realizada também com o perfil de forma, considerou-se o substrato apicoado menos rugoso que o tratado com o retardador de pega de superfície, de acordo com os resultados da superfície específica.

7.1.2 Sucção Capilar

Com relação a sucção capilar, tanto o nível de resistência do concreto, o uso do desmoldante, como os tratamentos superficiais e a interação entre eles são estatisticamente significativos. A principal influência na sucção capilar foi o uso do desmoldante e de tratamentos que expõem demasiadamente o agregado graúdo.

Com relação ao uso do desmoldante e sua influência na sucção capilar, pode-se dizer que concretos de resistência fc_{28} igual ou inferior a 35 MPa apresentaram comportamento inverso aos concretos de resistência fc_{28} 45 MPa. Ao avaliar-se as superfícies sem tratamento ou somente lavadas com água fria, os concretos 25 e 35 MPa apresentaram as mais baixas taxas de absorção com a superfície impregnadas com desmoldante, enquanto o concreto 45MPa apresentou as mais baixas taxas com a superfície sem desmoldante.

O concreto 45 MPa foi o que apresentou as mais baixas taxas de absorção capilar em todos os tratamentos executados na superfície sem desmoldante, exceto para o tratamento lixado, que foi o tratamento que mais aumentou a taxa de absorção para esse concreto.

O tratamento lixado e o tratamento executado com retardador de pega de superfície proporcionaram baixa variabilidade nas taxas de absorção entre os concretos, sendo que o retardador de pega prejudicou as taxas de sucção capilar.

Portanto, em termos de sucção capilar conclui-se que o melhor tratamento para o concreto 45 MPa (fc_{28}) em termos de sucção capilar é o lixado, e que o uso do desmoldante não é prejudicial para esse concreto. Para os concretos de resistência fc_{28} 25 MPa e 35MPa todos os tratamentos, exceto o uso do retardador de pega de superfície, melhoraram a sucção capilar.

7.2 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS

A classe de resistência do substrato de concreto, o uso do desmoldante, os tratamentos superficiais, o tipo de argamassa de chapisco, bem como a interação entre eles exercem influência na resistência de aderência.

De uma forma geral, o comportamento apresentado pelos concretos na sucção capilar repetiu-se no ensaio de arrancamento, ou seja, as conclusões obtidas no ensaio de sucção capilar confirmam a hipótese de que o comportamento frente a absorção de água são válidas para a absorção de argamassa pelos poros superficiais do concreto.

Nas resistências de aderência, o concreto 45 MPa foi o que apresentou as mais baixas resistências de aderência com as superfícies com desmoldante e lavado a quente, (CDLQ), sem desmoldante e sem tratamento (SDST), e sem desmoldante e lavado a frio e (SDLF).

Para o concreto de baixa resistência (fc_{28} = 25 MPa), a rugosidade gerada pelos tratamentos superficiais não influenciou a aderência, pois a ancoragem mecânica se dá pela penetração da argamassa nos poros capilares.

O concreto de resistência intermediária (fc28 = 35 MPa) também praticamente não sofreu influência da rugosidade. A exceção ocorre quando o tratamento realizado gera uma rugosidade bem mais elevada (cerca de 100 vezes superior), como o apicoamento.

O tratamento executado com retardador de pega de superfície proporcionaram praticamente as mesmas taxas de absorção entre os concretos, sendo que o retardador de pega gerou as mais baixas resistências de aderência.

Com relação ao tipo de chapisco, considerando-se o estudo preliminar, o industrializado proporcionou as melhores resistências de aderência, sendo mais notória a influência de seu uso nos concretos de resistência inferior a 35 MPa (fcj), ou seja, nos concretos com maior porosidade superficial. O chapisco industrializado mesmo apresentando baixa extensão de aderência na interface com a argamassa de revestimento, quando comparado com o chapisco convencional cuja argamassa de revestimento foi aplicada da mesma forma

(aplicação da argamassa de revestimento por lançamento manual pelo pedreiro, ao invés de aplicada com o lado liso da desempenadeira), apresenta maiores resistências de aderência.

Destaca-se que ao se utilizar o chapisco industrializado não se observou influência dos tratamentos superficiais. A necessidade de se tratar a superfície é verificada ao se utilizar chapisco convencional. Portanto, ao se utilizar chapisco convencional, recomenda-se que se trate a superfície de forma a criar rugosidade com o valor de parâmetro de rugosidade Ra superior aos encontrados para o tratamento escovado.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

Nesse capítulo são apresentadas as considerações finais dessa pesquisa. De uma forma geral, apresenta-se as principais vantagens e desvantagens dos tratamentos superficiais, analisa-se os parâmetros e as técnicas empregadas para caracterizar a rugosidade e a área específica superficial, bem como comenta-se a sucção capilar. Com relação ao revestimento aplicado, apresenta-se as conclusões gerais obtidas na caracterização da aderência.

8.1 NÍVEIS DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO

Embora atualmente se empregue bastante o concreto de 35MPa (fcj) e a tendência é que se empregue cada vez mais o de 45MPa, ou maior, e o de 25 MPa esteja sendo cada vez menos utilizado, observou-se em todos os ensaios que o comportamento dos concretos 25 e 35 MPa é bastante similar, tendo o concreto de 45 MPa um comportamento diferenciado. Esse comportamento similar entre os concretos de 25 e 35 MPa foi observado desde a análise das superfícies específicas, sucção capilar até o comportamento frente as resistências de aderência.

8.2 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS DO CONCRETO

Entre os tratamentos superficiais estudados, considerou-se a escovação, o lixamento e o apicoado como tratamentos que realmente proporcionaram rugosidade à superfície, de forma possível a melhorar a aderência da argamassa. Dentre esses tratamentos, somente o escovado foi executado manualmente, tendo sido o lixado e o apicoado executados eletro-mecanicamente.

Como vantagens do tratamento escovado executado manualmente, cita-se a facilidade de execução, não requerendo mão-de-obra especializada, baixo custo, não danifica o concreto e remove pouca quantidade de material. Como desvantagens foram observadas a baixa produtividade e a exigência de um maior controle para garantir que toda a superfície seja

completamente escovada. Como a escovação não altera significativamente o aspecto da superfície, não evidencia tão facilmente as áreas não escovadas.

O tratamento executado com lixadeira elétrica, mostrou-se bastante vantajoso, pois além de garantir uma boa rugosidade a superfície, possui alta produtividade, é de fácil controle visual e remove pouca espessura do concreto. A principal desvantagem desse tratamento é a grande geração de poeira, o que exige a utilização de um aspirador de poeira acoplado à lixadeira. Esse equipamento exige também maiores cuidados de operação, sendo desejável um treinamento prévio ao operador.

O tratamento realizado com martelete eletromecânico, tornando a superfície apicoada, promove alta rugosidade, no entanto, a produtividade não é tão alta. Como esse tratamento remove grande quantidade de material da superfície, deve ser previsto um cobrimento maior das armaduras a fim de garantir o cobrimento mínimo. Embora os riscos de danificar o concreto sejam maiores, não foram observadas baixas resistências de aderência por rupturas do substrato, bem como fissuras nas análises microscópicas, conforme citado por alguns autores.

Com relação à lavagem fria esta deve ser executada como meio de remoção da poeira da superfície, mas não como tratamento superficial de forma a proporcionar rugosidade – pelo menos não com os equipamentos hidrojatos existentes no mercado.

Destaca-se que as lavagens foram executadas 24 horas antes da aplicação do chapisco, cujo tempo pode ter sido pequeno para a secagem suficiente da superfície, deixando a superfície com uma umidade residual nos poros, influenciando na aderência do chapisco.

Os resultados obtidos com a lavagem a quente não podem ser considerados conclusivos.

A tentativa de já se moldar uma superfície rugosa, por meio do emprego do retardador de pega de superfície, não foi satisfatória, mas por se tratar de um produto novo no mercado, novas pesquisas são necessárias. Existe a possibilidade, apesar de se executar a lavagem para remoção da camada superficial, de permanecer vestígios do produto na superfície de forma a impermeabilizar os poros, prejudicando a aderência da argamassa.

Com o retardador de pega, em que não se empregou o chapisco, em todos os concretos e em todas as profundidades de ação dos retardadores de pega testadas previamente, foi observado um maior tempo de “puxamento” das argamassas, o que aumentou os tempos de sarrafeamento e desempeno. Isso pode ser justificado devido ao fato de não ser usado conjuntamente com o chapisco, que além de servir de ponte de aderência, melhora a absorção do substrato a receber o revestimento.

8.3 DESMOLDANTE

De acordo com os resultados obtidos, desaconselha-se o uso de desmoldante em concretos porosos (25 MPa e 35 MPa), pois ficou evidente o efeito prejudicial desse produto na sucção de água e conseqüentemente na ancoragem mecânica da argamassa.

Em concretos de baixa sucção capilar (Taxa de Absorção inferior a 0,0110 g/cm².h1/2 e resistência capilar superior a 2100000 h/m², aproximadamente, o desmoldante pode ser utilizado, pois não é absorvido pela baixa porosidade.

Como cada vez mais no mercado encontra-se fôrmas que dispensam o uso do desmoldante, ao se utilizar argamassa como camada seguinte, deve-se preferir formas metálicas ou de compensado plastificado. No entanto, deve-se atentar que esses tipos de fôrma geram uma superfície extremamente lisa, sendo desejável que se execute um tratamento superficial prévio no concreto.

8.4 ARGAMASSAS EMPREGADAS: TIPO, MISTURA E APLICAÇÃO

Os tratamentos superficiais devem ser realizados de acordo com o tipo de argamassa de chapisco a ser empregada.

O tipo de mistura e a quantidade de água também mostraram grande influência na aderência do revestimento. A mistura da argamassa de revestimento, que foi realizada em betoneira de eixo vertical, com movimento planetário similar ao misturador de argamassa recomendado por norma para ensaios laboratoriais, incorporou mais ar à argamassa de revestimento. Apesar de ter-se diminuído o tempo de mistura, os resultados obtidos nos ensaios de caracterização para o teor de ar incorporado foram superiores aos do estudo preliminar.

Com relação à quantidade de água, sua influência foi notória nas resistências de aderência, uma vez que os resultados praticamente dobraram em relação ao estudo preliminar, com sua diminuição, apesar do maior teor de ar incorporado.

Para o chapisco industrializado, em que se alterou a forma de aplicação da argamassa de revestimento em relação ao estudo preliminar, observa-se que a aplicação da argamassa com o lado liso da desempenadeira, previamente ao lançamento manual pelo pedreiro, aumentou a extensão de aderência, diminuindo os vazios gerados pelo lançamento. No entanto, o posterior lançamento manual da argamassa incorpora ar, gerando uma nova interface, embora menor, entre as camadas de lançamentos.

8.5 PERFIS DE RUGOSIDADE: EQUIPAMENTO, PARÂMETROS E PERFIS

O equipamento utilizado (Scanner 3D) e o software desenvolvido pelo LDSM, foram compatíveis com as rugosidades geradas pelos tratamentos superficiais, pois nem todos os equipamentos disponíveis medem macro rugosidades.

Embora a avaliação bidimensional não seja a mais recomendada para a avaliação de rugosidade do concreto, por filtrar o perfil de ondulação, os parâmetros de rugosidade em 2D mostraram-se mais eficientes para as superfícies tratadas com tratamentos mais agressivos, como o retardador de pega de superfície e apicoamento, pois para esses tratamentos houve uma maior diferença entre os concretos nos parâmetros de rugosidade.

A representação da rugosidade através dos perfis gerados pelo programa desenvolvido, também estão de acordo com os perfis reais das superfícies de concreto tratadas.

A avaliação tridimensional foi a que melhor representou a rugosidade das superfícies de concreto, através do parâmetro 3D (ISS), que mostrou-se bastante eficaz para representar a superfície potencial de contato através da superfície específica.

8.6 SUPERFÍCIE POTENCIAL DE CONTATO: EQUIPAMENTO, PARÂMETRO E SUPERFÍCIE EFETIVA

A verificação da superfície específica por meio da avaliação do parâmetro ISS (Incremento de Superfície Específica), apesar de não ser normalizado, mostrou-se eficiente na verificação da superfície potencial de contato.

As imagens obtidas nos softwares utilizados, superfícies efetivas, representaram fielmente as superfícies reais dos concretos tratados, o que comprova a eficiência do equipamento e dos softwares utilizados na obtenção desse parâmetro 3D.

8.7 SUCÇÃO CAPILAR

O ensaio de sucção capilar realizado pelo método desenvolvido por Kelhan mostrou-se satisfatório na obtenção desse parâmetro de superfícies tratadas de concreto. Como as superfícies de concreto são pouco porosas se comparadas com substratos cerâmicos, a absorção até a saturação se dá de forma muito mais lenta, não sendo, portanto, as técnicas utilizadas para alvenaria indicadas para substratos de concreto.

Embora não aconteça a saturação dos poros do concreto pela sucção de argamassa, o ensaio é realizado até a saturação para obtenção da resistência capilar, que também é um

parâmetro importante, pois representa a dificuldade ou facilidade dos capilares em succionar a água.

8.8 CARACTERIZAÇÃO DA ADERÊNCIA

Embora não se tenha obtido todas as rupturas na interface com o concreto – o que seria desejável, pois dessa forma seria medida a real resistência de aderência da interface com o concreto tratado – os resultados mostraram que existe influência dos tratamentos superficiais no comportamento das argamassas e que existe interação entre as camadas. Essa influência pode ser observada tanto na análise numérica estatística, quanto nas formas de ruptura.

Da mesma forma, as alterações realizadas após estudo preliminar, também evidenciaram que o equipamento de mistura, a quantidade de água e a forma de aplicação interferem na aderência do revestimento.

Nas análises da extensão de aderência, observou-se que não só as características de argamassa, mas também a forma de aplicação, são importantes no contato com a superfície, assim como a interação entre as camadas de argamassa (chapisco e de revestimento).

9 SUGESTÕES PESQUISAS FUTURAS

De acordo com a pesquisa realizada experimentalmente e a revisão da bibliografia, sugere-se alguns temas que carecem de pesquisas, a saber.

- estudar diferentes desmoldantes e verificar resíduos na superfície por ensaios químicos;
- medir ângulo de contato, tensão superficial e tensão interfacial das argamassas em contato com o substrato, com e sem desmoldante;
- testar outras técnicas para obtenção dos parâmetros de rugosidade e comparar com os valores obtidos;
- verificar a desempenadeira ideal a ser utilizada com chapisco industrializado, a fim de se maximizar a área de contato entre a argamassa de revestimento e a argamassa de chapisco;
- testar novas técnicas para se tratar a superfície de concreto e aprofundar pesquisa com retardador de pega de superfície;
- pesquisar a interação entre as camadas de argamassa, com relação à porosidade do substrato e da camada anterior, e relação água/cimento das argamassas antes e após aplicação/interação entre as camadas;

testar diferentes pressões, vazões, bicos de diferentes hidrojatos comumente empregados nas obras nacionais.

REFERÊNCIAS

ABBATE, V..**Desmoldante: um para cada tipo de fôrma.** Téchne 70. Jan. 2003.

ABU-TAIR, A.I.; Lavery, D.; Nadjaia, A; Rigdenb, S.R.; Ahmedb, T.M.A. **A new method for evaluating the surface roughness of concrete cut for repair or strengthening.** Construction and Building Materials, Vol. 14. 2000. p. 171-176.

ANTUNES, Rubiane Paz do Nascimento. **Influência da Reologia e da Energia de Impacto na Resistência de Aderência de Revestimentos de Argamassa**. Tese de Doutorado. São Paulo. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13528. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT **.** NBR 15258 – **Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13276. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência-padrão**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13277. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos –Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.NBR 13278. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos –Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13279. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR5738 - **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR5739 - **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7200. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.NBR 8214 - **Assentamento de azulejos**. Rio de Janeiro, 1983

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7200 – ABNT. NBR15270-3. **Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13281. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Especificação**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT **.** NBR 13749. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8404 - **Indicação do estado de superfícies em desenhos técnicos.** Rio de Janeiro. 1984

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBRISO4287 - **Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade.** Rio de Janeiro. 2002

BACKELANDT, A. **Etude dês mecanismes d'adhesion a l'interface resine/ciment em vue de la reparation dês ouvrages de genie civil.** Ecole Doctorale: Materiaux de Lyon, Spécialité: Génie dês Materiaux. Institut National dês Sciences Appliquées de Lyon. 2005.

BEAR, J.. **Dynamics of fluids in porous media**. New York: American Elsevier, 1975. 764p

BÉLAIR, N.; Bissonnette, B.; Courard, Luc. **Mise au point d'une procédure de caractérisation quantitative des surfaces démolies en béton en vue de travaux de réfection.** 10e Colloque sur la Progression de la Recherche Québécoise sur les Ouvrages d'Art. Québec. 2003.

BÉLAIR, N. Jr. **Contribution à la mise au point d'une procédure de caractérisation quantitative des surfaces en béton en vue de travaux de réfection.** Maîtrise en Génie Civil. Faculté des Sciences et Génies. Université Laval. Québec. Décembre, 2005.

BLANCHARD, N.. **La classification francaise des enduits monocouches d'impermeabilisation.** Palestra. V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - V SBTA. São Paulo. 2003.

BICO, J.. **Mécanismes d'imprégnation : Surfaces texturées, bigouttes, poreux.** Thèse de Doctorat Université de Paris VI. 2000.

BICO, J.;Thiele, U.; Quéré, D.. **Wetting of textured surfaces.** Colloids and Surfaces. Physicochemical and Engineering Aspects 206. Amsterdam. 2002. p. 41–46

BURKARTER, E.. **Construção de imagens por padrões hidrofóbico/hidrofílico.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Física do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2006.

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

CANDIA, M. C.. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de aragamassa.** Tese de doutorado. USP. 1998.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. Tese - Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1996.

CARASEK, H.; Cascudo, O.; Jucá, T.. **Estudo de casos de descolamento de revestimento de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto.** . VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - VI SBTA. Antac. Florianópolis. 2005.

CARASEK, H.; Cascudo, O.; Scartezini, L.M.B**. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – IV SBTA. UnB/ANTAC. Brasília, 2001.

CASCUDO, O. – **O controle da corrosão de armaduras em concreto – Inspeção e técnicas eletroquímica**s. Pini. São Paulo, 1994.

CASE, M. J.; Shastry, A.; Böhringer, K. F. **Towards understanding contact angle hysteresis behavior of textured surfaces**. Journal of Undergraduate Research in Bioengineering (JURIBE) 5 (1):10-14, 2005.

CEOTTO, L. H.; Banduk, R. C.; Nakakura, E. H. **Recomendações técnicas habitare - volume 1, revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre, 2005.

Comunidade da Construção – **Curso 2 - Diretrizes de projeto de revestimento de fachadas com argamassa – 6. Procedimento de execução.** 2005. CD-ROM.

CORTEZ, I. M. M.. **Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento à base de argamassa com a incorporação de fibras sintéticas.** Dissertação de Mestrado em Estruturas. Brasília-Df, 1999.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. 2000.

EMO - The European Mortar Industry Organization. **EMODICO - technical dictionary of european mortars. version in english-french-german-spanish.** 2nd Edition. 2000.

EMO - The European Mortar Industry Organization**. EMODICO - Technical dictionary of european mortars. completion in portuguese.** 3nd Edition. 2001.

FACCIO, I.. **Investigações sobre o acabamento superficial de usinagens com altíssima velocidade de corte**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, USP, 2002.

FIOLHAIS, M.. **Aula nº 27: Forças de coesão e adesão, capilaridade.** Physics Department Faculty of Sciences and Technology of the University of Coimbra, Portugal. Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt/personal/mfiolhais/FGbio/FGbio_0607.htm>. Acesso em: abril de 2007.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** São Paulo: PINI, 1994.

GALECKI, G.; Maerz, N.; Nanni, A.; Myers, J. **Limitations to the use of waterjets in concrete substrate preparation.** 2001 WJTA American Waterjet Conference August 18-21, 2001. Paper 35. - University of Missouri-Rolla, U.S.A. Minneapolis, Minnesota. 2001.

GALECKI, G.; Casadei, P.; Maerz, N.; Nanni, A.; Summers, D. **The use of high pressure waterjets in concrete substrate preparation for frp applications.** fib Second Congress, June 4-8, Naples, Italy, 2006, Paper 10-88.

GALLEGOS, H. **Adhesión entre el mortero y las unidades de albañilería**. I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. UFG/ANTAC. Goiania, 1995. p.117 – 133.

GARBACZ, A.; Courard, L.; Kostana, K.. **Characterization of concrete surface roughness and its relation to adhesion in repair systems.** Materials Characterization, Vol. 56, 2006. p. 281–289.

GARCIA, A.. **Projeto de revestimento de argamassa de fachada: a vivência de um case.** São Paulo. 2006.

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

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2ª ed. Pini. São Paulo. 1992.

ICRI - International Concrete Repair Institute. **Concrete repair terminology**. Disponível em: <http://www.icri.org/GENERAL/repairterminology.asp>. Acesso em: março 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4288 – **Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: profile method – rules and procedures for the assessment of surface texture.** Switzerland. 1996.

IOPPI, P. R.; Prudêncio, L. R.; Iriyama, W. J. **Estudo da absorção inicial de substratos de concreto: Metodologias de ensaio e influência na aderência das argamassas de revestimento.** I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - I SBTA. Antac. Goiânia. 1995.

JÚLIO, Eduardo N.B.S.; Branco, Fernando A.B. ; Silva, Vítor D.. **Concrete-to-concrete bond strength. Influence of the roughness of the substrate surface .** Construction and Building Materials, Vol. 18. 2004. 675–681.

JÚNIOR, E. L. F.; Camarini, G.. **Porosidade da pasta de concretos e argamassas: uma revisão crítica dos métodos de avaliação.** 45º Congresso Brasileiro do Concreto - 45º CBC. Recife, 2003.

JUNIOR, G. J. C. C; Holanda, M. A. A. G; Filho, A. C. C.; Silva, A. J. C.. **Avaliação comparativa da resistência de aderência à tração de argamassas utilizando bases de concreto com diferentes níveis de absorção e porosidade.** 48º Congresso Brasileiro do Concreto - 48º CBC. Rio de Janeiro. 2006

JÚNIOR, M. J.; Massi, L.. **Introdução à química de colóides e superfícies.** Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Instituto de Química. Curso de Educação à Distância em Flotação de Microorganismos. Módulo 1. Aula 2. Disponível em: <http://www.iq.unesp.br/flotacao/MODULO1/aula2/aula2.htm>. Acesso em: fev 2007.

MAADANI, 0mran. **Rheology** - **covercrete: a concept for controlling quality and durability of concrete.** Thesis. The Master of Engineering in Civil Engineering Program. University of Ottawa. Ottawa-Carleton Institute for Civil Engineering.Depamnent of Civil and Environmental Engineering. Carleton University. Ottawa, Canada. January, 1998

MACEDO, D.; Ribeiro, P.; Machado, G.; Carasek, H.; Cascudo, O.. **Influência do tempo entre a aplicação do chapisco rolado e a execução do revestimento de argamassa na**

aderência do sistema. VII Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - VII SBTA. Antac. Recife. 2007.

MAERZ (a), N. H.; Chepur, P.; Myers, J. J.; Linz, J.. **Concrete roughness characterization using laser profilometry for fiber-reinforced polymer sheet application.** Transportation Research Board. 80th Annual Meeting. Washington, D.C. January 7-11, 2001.

MAERZ (b), N.; Nanni. A; Myers, J.; Galecki, G. **Laser profilometry for concrete substrate characterization prior to frp laminate application.** Concrete Repair Bulletin, May/June 2001, p. 4-8.

MAILVAGANAM, N.P.; Pye, G.B.; Arnott, M.R. **Surface preparation of the concrete Substrate**. Construction Technology Up date Nº . 24. Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada. 1998.

MANTELLI, M.. **Tensão superficial e molhabilidade.** Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Laboratório de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia. Disciplina EMC5416 – Tubo de Calor e Termossifões. Aula 2. Disponível em: <http://labsolar.ufsc.br/disciplinas/emc5416/aulas/aula02.pdf>. Acesso em: fev 2007.

MATANA, M.; Galecki, G.; Maerz, N.; Nanni, A. **Concrete substrate preparation and characterization prior to adhesion of externally bonded reinforcement**. International Institute for FRP in Construction. Proceedings of the International Symposium on Bond Behaviour of FRP in Structures - BBFS. 2005.

MELLO, J. D. B. de; Costa, H. L.; Xavier, R. W. S.. **Caracterização estatística da topografia de superfícies modificadas contendo óxidos.** Universidade Federal de Uberlândia. Minas Gerais.Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação.Faculdade de Engenharia Mecânica – FEMEC.Laboratório de Tribologia e Materiais – LTM. Revista on-line Horizonte Científico. Edição nº 1, volume 1, 2002.

MENDES, R. M.. **Capítulo 8: Lubrificação.** Elementos de Máquinas II. Curso de Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia Mecânica. Escola Superior de Tecnologia – Setúbal. Portugal. Disponível em: <http://ltodi.est.ips.pt/rmendes/Elementos_de_Maquinas_II/Acetatos_EMII.htm>. Acesso em: abril de 2007.

MENDEZ, E. V.; Villar, E. R.. **Comportamiento de um nuevo metodo para texturar superficies de hormigón que han de estucarse.** XIV Jornadas Chilenas del Hormigón. Chile. 2003.

MOURA, W. A.. **Utilização de Escória de Cobre Como Adição e Como Agregado Miúdo Para Concreto.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre. 2000.

NASCIMENTO, O. L. do; Mansur, A. A. P.; Ribeiro, A. B.; Mansur, H. S. **Estudo da influência de aditivo adesivo e de tipos de cimento na aderência chapisco em base de concreto.** VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - VI SBTA. Antac. Florianópolis. 2005.

NETTO, Luiz Ferraz. **Fluidostática: Tensão Superficial – Parte 5.** Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_T01_05.asp>. Acesso em abril de 2007.

PAES, I. L.; Bauer, E.; Carasek, H.. **Influência da estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos.** Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - VI SBTA. Antac. Florianópolis. 2005.

PALMA, E. S.. **Metrologia.** Apostila. Mecatrônica. Engenharia Mecânica. PUC Minas. 2006. p. 110 a 121.

PARRA, B. S.; Gennari, R. C.; Melchiades, F. G; Boschi, A. O.. **Rugosidade Superficial de Revestimentos Cerâmicos.** Cerâmica Industrial, Vol 11 (2) Março/Abril, 2006

PEREIRA, M. S.; Barata, M.S.; Carneiro, A M.P. **Estudo da aderência das argamassas de chapisco em estrutura de concreto de alto desempenho utilizando copolímero vinil acetato etileno cloreno**. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - VI SBTA. Antac. Florianópolis. 2005.

PEREZ, F.. **Contribution a L'étude du Comportement Mécanique des É léments Bicouches Sous Sollicitations Statiques et Cycliques**. Thèse. Faculté des études supérieures de l'Universit´e Laval. Programme de doctorat de Génie Civil. Sciences et Génie. Université Laval. 2005.

POSSER, N. D. **Proporcionamento de argamassas de reboco de recuperação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.

ROSA, L. C.. **Acabamento de superfícies: rugosidade superficial.** OMA - Oficina Mecânica para Automação. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Unidade Diferenciada - Sorocaba/Iperó. Engenharia de Controle e Automação. 2007.

RESENDE (a), M. M. **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios: limpeza de revestimentos cerâmicos.** Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2004.

RESENDE (b), M. M.; Medeiros, J. S.. **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios: limpeza de revestimentos cerâmicos**. Boletim Técnico BT/PCC/384. EPUSP. São Paulo. 2004.

ROSSETTI, P. Dicionário Quimicamente Falando. Disponível em: <http://www.rossetti.eti.br/dicuser/detalhe.asp?vnome=tribologia&vini=1&vfim=26&vcodigo=2771>. Acesso em: abril de 2007.

SANCHES, Paulo. Comunidade da Construção. Entrevista. Disponìvel em : <http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/comunidade/calandra.nsf/0/170D8C73A4D67FCA03256F5E00689F48?OpenDocument&pub=T&proj=Novo>. Acesso em: jan. 2006.

SANTOS, C. C. N. **Critérios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de pós-graduação em Estrutura e Construção Civil, Universidade de Brasília. Brasília. 2003.

SANTOS, P.; JÚLIO, E.; SILVA, V. D.. **Correlation between concrete-to-concrete bond strength and the roughness of the substrate surface.** Construction and Building Materials. 2006.

SATO, N. M. N. **Análise da porosidade e das propriedades de transporte de massa de concretos com vistas à avaliação de suas durabilidades.** Tese de Doutorado. São Paulo, 1998.

SCARTEZINI, L. M. B.. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiás. 2002.

SECCO (a), A. R.; Vieira, E.; Gordo, N.. **Aula 19: Parâmetros de rugosidade.** Telecurso 2000. Curso Profissionalizante. Metrologia. Disponível em: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/didaticos_e_tematicos/telecurso_2000_cursos_profissionalizantes/telecurso_2000_metrologia>. Acesso em: abr 2007.

SECCO (b), A. R.; Vieira, E.; Gordo, N.. **Aula 20: Representação de rugosidade.** Telecurso 2000. Curso Profissionalizante. Metrologia. Disponível em: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/didaticos_e_tematicos/telecurso_2000_cursos_profissionalizantes/telecurso_2000_metrologia>. Acesso em: abr 2007.

SHASTRY, A.; Case, M. J.; Böhringer, K. l. F.. **Engineering surface roughness to manipulate droplets in microfluidic systems.** IEEE Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS), Miami Beach, FL, January 30 - February 3, 2005.

SHASTRY, A.; Case, M. J.; Böhringer, K. F.. **Directing droplets using micro-structured surfaces**. Department of Electrical Engineering, University of Washington, Seattle, Washington 98195 . *Langmuir*, **2006**, *22* (14), p. 6161–6167.

SILVA, J. R. M. da. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus Grandis* Hill Ex. Maiden.** Tese de Dotourado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2002.

SILVA, F. P. da. **O uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. PPGEM/UFRGS. Porto Alegre. 2006.

SILVA, V. S.. **Aderência de chapiscos em concretos estruturais – Melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2004.

SILVA, V. S.; Liborio, J. B. L.. **Análise microestrutural da interface chapisco/argamassa.** Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - VI SBTA, Florianópolis. 2005.

SOUSA, S. R. de. **Flotação de microorganismos.** Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Instituto de Química. Curso de Educação à Distância em Flotação de Microorganismos. Módulo 4. Aula 2. Disponível em: <http://equipesp04.iq.unesp.br/flotacao/>. Acesso em: fev 2007.

TAHA (a), M. M. Reda; El-Dieb, A. S.; Shrive, N. G. **Sorptivity: a reliable measurement for surface absorption of masonry brick units.** Materials and Structures/Materiaux et Constructions, Vol. 34, August-September, 2001, pp 438-445

TAHA (b), M. M. Reda; El-Dieb, A. S.; Shrive, N. G. **Sorptivity: a surface absorption criterion for brick units: a proposal for the canadian masonry standard.** 9th Canadian Masonry Symposium, New Brunswick, Canada, 2001

The Sherwin-Williams Company. **Guideline instructions for concrete surface preparation (Form G-1, Revised 09/05)**. GPI Surface Prep. September 2005/25. Disponível em: <www.generalpolymers.com>. Acesso em: março 2007.

VEIGA. M. R. **Comportamento de Argamassas de Revestimento de Paredes.** Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas - V SBTA. ANTAC. São Paulo. 2003.

VIEIRA, F. M. P.; Kazmierczak, C. S.; Masuero, A. B.; Dal Molin, D. C. C. I**nfluência dos tipos de substrato e argamassa na aderência dos revestimentos de argamassa.** Comunidade da Construção, 2005.

WENDLAND, E.. **Aula 11: Modelo para meios não-saturados.** SHS-5854 –Hidráulica de Águas Subterrâneas. Laboratório de Hidráulica Computacional. Departamento de Hidráulica e Saneamento. EESC. USP. Disponível em: <http://albatroz.shs.eesc.sc.usp.br/~ew/SHS-5854/index.htm>. Acesso em: abril de 2007.

Wyoming Department of Transportation. **Chapter 3: Concrete surface preparation.** Disponível em: <http://dot.state.wy.us/webdav/site/wydot/shared/Planning/Research/Chapter%203%20%20Concrete%20Surface%20Preparation.pdf>. Acesso em: ago. 2006.

WOLF, F. G.; Santos, L. O. E. dos; Philippi, P. C.. **Formação e dinâmica da interface líquido-vapor simulada pelo método Lattice-Boltzmann***.* Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 28, n. 2, 2006. p. 167 - 175.

WU, K. R.; Yan, N.; Liu, J.; Zhang, D.; Yao, W.. **Reconstruction and analysis of 3-D profile of fracture surface of concrete**. Cement and Concrete Research, Vol. 30, 2000.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR*

BICO, J.; Tordeux, C.; Quéré, D.. **Rough wetting.** Europhysics Letters. Europhys. Lett., Vol. 55 (2), 2001. p. 214–220.

CALISKAN, S.. **Aggregate/mortar interface: influence of silica fume at the micro- and macro-level**. Cement & Concrete Composites, Vol. 25, 2003. p. 557–564.

ISTASSE, E.. **Contribution à l'étude de la dispersion hydrodynamique et de son couplage à la convection naturelle en milieux poreux modéles fracturés**. Dissertation de Docteur. Universite Libre de Bruxelles. Faculté des Sciences Appliquées. 2004.

JÚLIO, E. N.B.S.; Branco, F. A.B.; Silva, V. D.; Lourenço, J. F.. **Influence of added concrete compressive strength on adhesion to an existing concrete substrate**. Building and Environment, Vol 41, 2006. p. 1934–1939.

KUMAR, R.; Bhattacharjee, B.. **Porosity, pore size distribution and in situ strength of concrete**. Cement and Concrete Research, Vol.33, 2003. p. 155–164.

MYSHKIN, N. K.; Petrokovets, M. I.; Chizhik, S. A.. **Simulation of real contact in Tribology.** Tribology International, Vol. 31, Nos 1–3, 1998. p. 79–86.

MOMAYEZ, A., Ehsani, M.R.; Ramezanianpour, A.A.; Rajaie, H.. **Comparison of methods for evaluating bond strength between concrete substrate and repair materials**. Cement and Concrete Research, Vol. 35, 2005. p. 748–757.

MOMBER, A.W.. **The erosion of cement paste, mortar and concrete by gritblasting**. Wear, Vol. 246, 2000. p. 46–54.

MOON, H. Y.; Shin, D. G.; Choi, D. S.. **Evaluation of the durability of mortar and concrete applied with inorganic coating material and surface treatment system**. Construction and Building Materials, 2005.

QUÉRÉ, D.; Lafuma, A.; Bico, J.,. **Slippy and sticky microtextured solids**. Institute of Physics Publishing Nanotechnology. Nanotechnology 14. 2003.

RAO, G. A.; Prasad, B. K. R.. **Influence of the roughness of aggregate surface on the interface bond strength**. Cement and Concrete Research, Vol.32, 2002. , p 253–257.

TASONG, W.A.; Lynsdale, C.J.; Cripps, J.C.. **Aggregate-cement paste interface. II: influence of aggregate physical properties.** Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 10, 1998. , p. 1453–1465.

XIONG, G.; Liu, J.; Li, G.; Xie, H.. **A way for improving interfacial transition zone between concrete substrate and repair materials**. Cement and Concrete Research, Vol. 32, 2002. , p. 1877–188.

XIONG, G.; Luo, B.; Wu, X.; Li, G.; Chen, L.. **Influence of silane coupling agent on quality of interfacial transition zone between concrete substrate and repair materials**. Cement & Concrete Composites, Vol. 28, 2006. p. 97–101.

* Bibliografia consultada, mas não citada no texto.

APÊNDICE A – Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas de chapisco e revestimento

Tabela A1 - Ensaios no Estado Fresco – Chapisco Convencional

densidade de massa				teor de ar incorporado					retenção de água				
mc	mv	vr	**d**	ma	mci	mágua	dt	**A**	AF	Mse	Mma	Mf	**Ra**
1769,08	683,00	521,00	**2,08**	15,00	2,65	3,05	2,13	**2**	0,15	10,07	507,51	21,95	**79**
1780,00	683,00	521,00	**2,11**	10,00	1,76	2,03	2,13	**1**	0,15	9,94	509,00	24,02	**76**
1782,33	683,00	521,00	**2,11**	7,00	1,24	1,42	2,13	**1**	0,15	9,85	514,21	25,03	**74**
Média			**2,10**					**1**					**76**

Tabela A2 - Ensaios no Estado Fresco – Chapisco Industrializado

densidade de massa				teor de ar incorporado				retenção de água				
mc	mv	vr	**d**	ms	mágua	dt	**A**	AF	Mse	Mma	Mf	**Ra**
1707,10	683,00	521,00	**1,97**	15,00	3,15	2,15	**8**	0,17	9,90	471,92	9,96	**100**
1736,00	683,00	521,00	**2,02**	7,50	1,58	2,15	**6**	0,17	9,97	486,60	10,03	**100**
1698,96	683,00	521,00	**1,95**	5,00	1,05	2,15	**9**	0,17	9,87	468,55	9,95	**100**
Média			**1,98**				**8**					**100**

Tabela A3 - Ensaios no Estado Fresco – Argamassa de Revestimento

densidade de massa				teor de ar incorporado				retenção de água				
mc	mv	vr	**d**	ms	mágua	dt	**A**	AF	Mse	Mma	Mf	**Ra**
1543,21	683,00	521,00	**1,65**	50,00	8,30	2,25	**26**	0,14	9,99	419,43	11,94	**95**
1529,66	683,00	521,00	**1,63**	45,00	7,47	2,25	**28**	0,14	9,8	412,15	11,71	**95**
Média			**1,64**				**27**					**95**

Tabela A4 - Ensaios no Estado Endurecido – Flexão e Compressão – Chapisco Convencional

Índice de consistencia (mm)	**Carga Flexão (KN)**	**Tensão (MPa)**	**Média**	**Desvio Padrão**	**Coef Var**	**Carga Compressão (KN)**	**Tensão (MPa)**	**Média**	**Desvio Padrão**	**Coef Var**
282	0,98	2,30	**2,26**	**0,08**	**3,41**	9,74	6,09	**7,01**	**0,45**	**6,44**
						11,22	7,01			
	0,98	2,30				10,70	6,69			
						10,96	6,85			
	0,92	2,16				11,44	7,15			
						11,44	7,15			
	0,94	2,20				11,64	7,28			
						12,14	7,59			
	1,00	2,34				12,12	7,58			
						10,74	6,71			
306	1,00	2,34	**1,95**	**0,34**	**17,36**	9,30	5,81	**6,57**	**1,38**	**21,05**
						11,60	7,25			
	0,76	1,78				11,20	7,00			
						14,06	8,79			
	0,74	1,73				8,80	5,50			
						8,10	5,06			

Índice de consistencia (mm)	Carga Flexão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
285	0,78	1,83	**2,13**	**0,30**	**14,24**	11,82	7,39	**7,18**	**1,19**	**16,57**
						9,64	6,03			
	0,96	2,25				11,24	7,03			
						11,28	7,05			
	0,76	1,78				8,20	5,13			
						9,36	5,85			
	1,00	2,34				13,14	8,21			
						13,70	8,56			
	1,04	2,44				13,36	8,35			
						13,06	8,16			
321	0,68	1,59	**1,52**	**0,18**	**11,71**	8,96	5,60	**4,81**	**1,15**	**23,87**
						7,72	4,83			
	0,70	1,64				9,22	5,76			
						9,30	5,81			
	0,56	1,31				6,00	3,75			
						4,96	3,10			
157	0,56	1,31	**1,61**	**0,26**	**16,23**	6,44	4,03	**4,99**	**0,69**	**13,80**
						7,76	4,85			
	0,82	1,92				9,40	5,88			
						9,06	5,66			
	0,72	1,69				7,38	4,61			
						6,76	4,23			
	0,64	1,50				8,04	5,03			
						9,00	5,63			
261	0,88	2,06	**2,43**	**0,22**	**8,99**	11,62	7,26	**7,11**	**0,54**	**7,58**
						11,22	7,01			
	1,08	2,53				10,40	6,50			
						12,38	7,74			
	1,02	2,39				12,98	8,11			
						11,12	6,95			
	1,10	2,58				11,00	6,88			
						11,94	7,46			
	1,10	2,58				10,86	6,79			
						10,24	6,40			
248	0,86	2,02	**2,21**	**0,28**	**12,57**	9,60	6,00	**5,74**	**0,71**	**12,30**
						8,62	5,39			
	1,06	2,48				8,64	5,40			
						6,90	4,31			
	0,82	1,92				9,34	5,84			
						10,76	6,73			
	0,90	2,11				9,54	5,96			
						10,42	6,51			
	1,08	2,53				9,76	6,10			
						8,20	5,13			
308	0,78	1,83	**1,61**	**0,62**	**38,65**	9,56	5,98	**6,37**	**0,66**	**10,40**
						11,30	7,06			
	0,74	1,73				8,70	5,44			
						8,94	5,59			
	0,86	2,02				11,52	7,20			
						10,70	6,69			
	0,84	1,97				9,98	6,24			
						9,18	5,74			
	0,22	0,52				11,34	7,09			
						10,74	6,71			

Índice de consistencia (mm)	Carga Flexão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
319	0,66	1,55	**1,64**	**0,07**	**4,04**	8,46	5,29	**5,39**	**0,28**	**5,19**
						7,88	4,93			
	0,70	1,64				9,06	5,66			
						8,30	5,19			
	0,72	1,69				9,16	5,73			
						8,56	5,35			
	0,72	1,69				9,08	5,68			
						8,46	5,29			
259	0,82	1,92	**1,95**	**0,31**	**16,00**	11,20	7,00	**6,94**	**0,92**	**13,22**
						11,92	7,45			
	0,76	1,78				9,92	6,20			
						8,30	5,19			
	0,92	2,16				13,18	8,24			
						10,52	6,58			
	0,66	1,55				11,56	7,23			
						9,78	6,11			
	1,00	2,34				12,32	7,70			
						12,26	7,66			
310	1,18	2,77	**2,31**	**0,38**	**16,53**	11,26	7,04	**6,67**	**0,56**	**8,40**
						9,86	6,16			
	0,80	1,88				11,04	6,90			
						9,88	6,18			
	1,04	2,44				9,78	6,11			
						9,98	6,24			
	0,92	2,16				12,08	7,55			
						11,44	7,15			

Tabela A5 - Ensaios no Estado Endurecido – Flexão e Compressão – Chapisco Industrializado

Índice de consistencia (mm)	Carga Flexão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
205	2,42	5,67	**5,89**	**0,75**	**12,67**	24,40	15,25	**15,74**	**2,70**	**17,13**
						23,38	14,61			
	2,92	6,84				16,76	10,48			
						30,74	19,21			
	2,3	5,39				25,68	16,05			
						29,40	18,38			
	2,16	5,06				24,68	15,43			
						30,10	18,81			
	2,76	6,47				20,84	13,03			
						25,90	16,19			
189	2,00	4,69	**5,06**	**0,33**	**6,55**	18,10	11,31	**13,01**	**2,19**	**16,87**
						22,34	13,96			
	2,36	5,53				24,92	15,58			
						24,60	15,38			
	2,12	4,97				23,52	14,70			
						15,70	9,81			
	2,08	4,88				17,80	11,13			
						18,80	11,75			
	2,24	5,25				24,56	15,35			
						17,76	11,10			

Índice de consistência (mm)	Carga Flexão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
194	2,00	4,69	**5,05**	**0,76**	**15,14**	29,24	18,28	**16,63**	**1,58**	**9,47**
						27,00	16,88			
	2,08	4,88				25,54	15,96			
						24,70	15,44			
	2,40	5,63				29,96	18,73			
						27,20	17,00			
	2,56	6,00				28,38	17,74			
						27,72	17,33			
	1,74	4,08				21,46	13,41			
						24,92	15,58			
207	2,02	4,73	**3,65**	**0,86**	**23,46**	18,68	11,68	**13,16**	**1,26**	**9,55**
						19,96	12,48			
	1,50	3,52				24,86	15,54			
						19,34	12,09			
	1,06	2,48				20,94	13,09			
						22,32	13,95			
	1,78	4,17				20,06	12,54			
						23,54	14,71			
	1,42	3,33				21,58	13,49			
						19,30	12,06			
195	2,14	5,02	**5,18**	**0,31**	**6,02**	23,14	14,46	**14,07**	**1,31**	**9,29**
						19,94	12,46			
	2,32	5,44				21,88	13,68			
						26,66	16,66			
	2,24	5,25				22,96	14,35			
						20,82	13,01			
	2,34	5,48				24,24	15,15			
						20,66	12,91			
	2,02	4,73				24,00	15,00			
						20,76	12,98			
172	2,20	5,16	**5,31**	**1,05**	**19,81**	22,72	14,20	**14,56**	**2,42**	**16,60**
						21,14	13,21			
	2,04	4,78				23,72	14,83			
						24,46	15,29			
	2,14	5,02				28,46	17,79			
						25,42	15,89			
	3,04	7,13				29,36	18,35			
						18,30	11,44			
	1,90	4,45				21,92	13,70			
						17,52	10,95			
192	1,98	4,64	**4,96**	**0,54**	**10,97**	23,26	14,54	**14,54**	**1,29**	**8,90**
						26,94	16,84			
	2,46	5,77				24,36	15,23			
						19,36	12,10			
	1,84	4,31				23,92	14,95			
						24,40	15,25			
	2,14	5,02				21,52	13,45			
						24,02	15,01			
	2,16	5,06				23,32	14,58			
						21,46	13,41			

Índice de consistência (mm)	Carga Flexão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
192	2,24	5,25	**5,27**	**0,45**	**8,57**	25,56	15,98	**14,92**	**1,36**	**9,11**
						26,04	16,28			
	2,34	5,48				24,00	15,00			
						24,88	15,55			
	2,50	5,86				19,68	12,30			
						23,50	14,69			
	1,98	4,64				25,52	15,95			
						25,60	16,00			
	2,18	5,11				20,70	12,94			
						23,18	14,49			
206	2,00	4,69	**4,65**	**0,62**	**13,29**	25,12	15,70	**14,77**	**1,35**	**9,13**
						24,90	15,56			
	1,9	4,45				22,46	14,04			
						18,60	11,63			
	1,72	4,03				24,42	15,26			
						21,70	13,56			
	2,42	5,67				24,82	15,51			
						25,50	15,94			
	1,88	4,41				25,08	15,68			
						23,66	14,79			
207	2,16	5,06	**4,34**	**0,58**	**13,37**	20,16	12,60	**14,54**	**1,38**	**9,46**
						25,70	16,06			
	1,90	4,45				22,42	14,01			
						20,80	13,00			
	1,74	4,08				23,80	14,88			
						24,36	15,23			
	1,5	3,52				25,72	16,08			
						25,54	15,96			
	1,96	4,59				20,38	12,74			
						23,78	14,86			
188	2,04	4,78	**4,98**	**0,49**	**9,91**	28,68	17,93	**16,93**	**2,13**	**12,60**
						28,10	17,56			
	2,22	5,20				22,82	14,26			
						30,08	18,80			
	2,22	5,20				25,84	16,15			
						31,20	19,50			
	2,34	5,48				29,54	18,46			
						29,64	18,53			
	1,8	4,22				22,06	13,79			
						22,86	14,29			
184	2,44	5,72	**5,13**	**0,46**	**8,92**	28,82	18,01	**15,01**	**2,13**	**14,23**
						28,66	17,91			
	1,90	4,45				25,40	15,88			
						23,66	14,79			
	2,24	5,25				19,72	12,33			
						23,42	14,64			
	2,14	5,02				24,72	15,45			
						24,74	15,46			
	2,22	5,20				17,88	11,18			
						23,10	14,44			

Tabela A6 - Ensaios no Estado Endurecido – Flexão e Compressão – Argamassa de Revestimento

Índice de consistência (mm)	Carga Flexão (Kn)	Tensão (Mpa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (Kn)	Tensão (Mpa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
204	0,84	1,97	**1,80**	**0,19**	**10,54**	6,78	4,24	**4,03**	**0,35**	**8,76**
						6,58	4,11			
	0,68	1,59				6,18	3,86			
						6,12	3,83			
	0,78	1,83				7,32	4,58			
						5,72	3,58			
243	0,80	1,88	**1,91**	**0,12**	**6,34**	5,74	3,59	**3,70**	**0,17**	**4,49**
						6,32	3,95			
	0,76	1,78				5,62	3,51			
						5,84	3,65			
	0,88	2,06				6,26	3,91			
						5,96	3,73			
	0,86	2,02				5,50	3,44			
						5,86	3,66			
	0,78	1,83				5,90	3,69			
						6,14	3,84			
237	0,62	1,45	**1,45**	**0,19**	**13,10**	4,78	2,99	**2,87**	**0,43**	**15,13**
						5,82	3,64			
	0,56	1,31				4,96	3,10			
						4,92	3,08			
	0,58	1,36				3,84	2,40			
						3,32	2,08			
	0,76	1,78				4,14	2,59			
						4,76	2,98			
	0,58	1,36				4,42	2,76			
						4,92	3,08			
236	0,60	1,41	**1,30**	**0,13**	**9,65**	4,28	2,68	**2,55**	**0,37**	**14,49**
						4,58	2,86			
	0,60	1,41				4,08	2,55			
						5,08	3,18			
	0,52	1,22				3,96	2,48			
						4,46	2,79			
	0,58	1,36				2,90	1,81			
						3,98	2,49			
	0,48	1,13				3,92	2,45			
						3,56	2,23			
246	0,54	1,27	**1,16**	**0,10**	**8,74**	3,58	2,24	**2,45**	**0,14**	**5,84**
						3,60	2,25			
	0,44	1,03				3,96	2,48			
						3,92	2,45			
	0,46	1,08				4,14	2,59			
						3,84	2,40			
	0,52	1,22				4,28	2,68			
						4,16	2,60			
	0,52	1,22				3,82	2,39			
						3,96	2,48			
233	0,60	1,41	**1,59**	**0,17**	**10,81**	5,18	3,24	**3,15**	**0,26**	**8,19**
						5,02	3,14			
	0,68	1,59				4,98	3,11			
						5,08	3,18			
	0,72	1,69				4,06	2,54			
						4,98	3,11			
	0,78	1,83				5,22	3,26			
						5,62	3,51			
	0,62	1,45				5,42	3,39			
						4,86	3,04			

Índice de consistência (mm)	Carga Flexão (Kn)	Tensão (Mpa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (Kn)	Tensão (Mpa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
250	0,84	1,97	**1,99**	**0,22**	**11,28**	7,42	4,64	**4,21**	**0,24**	**7,36**
						6,88	4,30			
	0,9	2,11				6,92	4,33			
						6,60	4,13			
	0,94	2,20				6,12	3,83			
						6,48	4,05			
	0,72	1,69				6,50	4,06			
						6,94	4,34			
255	0,74	1,73	**1,78**	**0,22**	**12,62**	5,32	3,33	**3,21**	**0,24**	**7,36**
						5,32	3,33			
	0,68	1,59				4,73	2,96			
						5,08	3,18			
	0,66	1,55				5,42	3,39			
						4,88	3,05			
	0,86	2,02				4,44	2,78			
						5,04	3,15			
	0,86	2,02				5,44	3,40			
						5,70	3,56			
262	0,78	1,83	**1,88**	**0,08**	**4,33**	6,00	3,75	**3,66**	**0,42**	**11,40**
						6,08	3,80			
	0,80	1,88				6,64	4,15			
						6,66	4,16			
	0,86	2,02				4,90	3,06			
						5,00	3,13			
	0,78	1,83				5,34	3,34			
						5,58	3,49			
	0,78	1,83				6,68	4,18			
						5,72	3,58			

Tabela A7 - Ensaios no Estado Endurecido – Capilaridade – Chapisco Convencional

Dados do ensaio				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 10 min				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 90 min				COEFICIENTE DE CAPILARIDADE			
moldagem	**mi(g)**	**m10(g)**	**m90(g)**	**A10 (g/cm²)**	**A10 média (g/cm²)**	**desvio padrão**	**coef var**	**A90 (g/cm²)**	**A90 média (g/cm²)**	**desvio padrão**	**coef var**	**C (g/dm2 .min1/2)**	**média de C**	**desvio padrão**	**coef var**
1	502,53	505,98	513,83	0,22	**0,21**	**0,02**	**10,93**	0,71	**0,68**	**0,10**	**14,48**	7,85	**7,54**	**1,21**	**16,07**
	511,28	514,88	523,44	0,23				0,76				8,56			
	507,48	510,39	516,59	0,18				0,57				6,20			
2	485,90	490,40	497,10	0,28	**0,35**	**0,06**	**16,40**	0,70	**0,86**	**0,14**	**16,68**	6,70	**8,30**	**1,40**	**16,87**
	493,80	499,70	508,60	0,37				0,93				8,90			
	479,90	486,10	495,40	0,39				0,97				9,30			
3	508,53	512,51	519,40	0,25	**0,28**	**0,04**	**15,86**	0,68	**0,78**	**0,12**	**14,90**	6,89	**7,92**	**1,15**	**14,50**
	508,34	513,64	522,80	0,33				0,90				9,16			
	495,07	499,25	506,97	0,26				0,74				7,72			
4	491,19	497,65	507,02	0,40	**0,43**	**0,03**	**7,66**	0,99	**1,04**	**0,07**	**6,44**	9,37	**9,76**	**0,54**	**5,58**
	491,68	498,88	509,02	0,45				1,08				10,14			
5	500,62	507,60	517,06	0,44	**0,49**	**0,04**	**9,17**	1,03	**1,15**	**0,10**	**8,99**	9,46	**10,53**	**0,93**	**8,87**
	503,24	511,34	522,32	0,51				1,19				10,98			
	494,47	502,78	513,94	0,52				1,22				11,16			
6	499,64	504,62	511,33	0,31	**0,27**	**0,06**	**21,25**	0,73	**0,68**	**0,14**	**19,99**	6,71	**6,68**	**1,44**	**21,55**
	519,57	522,81	528,04	0,20				0,53				5,23			
	499,99	504,52	512,63	0,28				0,79				8,11			
7	511,75	521,18	536,79	0,59	**0,52**	**0,07**	**14,02**	1,57	**1,35**	**0,24**	**17,98**	15,61	**13,28**	**2,72**	**20,48**
	505,42	512,53	522,82	0,44				1,09				10,29			
	509,87	518,45	532,38	0,54				1,41				13,93			
8	513,85	519,50	526,84	0,35	**0,37**	**0,02**	**5,34**	0,81	**0,89**	**0,08**	**9,35**	7,34	**8,37**	**1,04**	**12,43**
	504,11	509,80	518,14	0,36				0,88				8,34			
	518,55	524,76	534,18	0,39				0,98				9,42			
9	508,83	514,61	522,39	0,36	**0,32**	**0,04**	**12,96**	0,85	**0,83**	**0,11**	**12,89**	7,78	**8,14**	**1,35**	**16,60**
	503,57	508,78	518,41	0,33				0,93				9,63			
	525,26	529,71	536,71	0,28				0,72				7,00			
10	513,56	519,59	528,94	0,38	**0,40**	**0,02**	**5,68**	0,96	**1,05**	**0,08**	**7,91**	9,35	**10,41**	**1,08**	**10,33**
	508,96	515,71	526,10	0,42				1,07				10,39			
	500,55	507,04	518,54	0,41				1,12				11,50			

Tabela A8 - Ensaios no Estado Endurecido – Chapisco Industrializado

Dados do ensaio				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 10 min				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 90 min				COEFICIENTE DE CAPILARIDADE			
moldagem	mi(g)	m10(g)	m90(g)	A10 (g/cm²)	A10 média (g/cm²)	desvio padrão	coef var	A90 (g/cm²)	A90 média (g/cm²)	desvio padrão	coef var	C (g/dm2 .min1/2)	média de C	desvio padrão	coef var
1	475,47	476,60	478,25	0,07	**0,09**	**0,02**	**20,56**	0,17	**0,22**	**0,04**	**18,44**	1,65	**2,05**	**0,35**	**17,15**
	462,00	463,49	465,68	0,09				0,23				2,19			
	474,00	475,72	478,03	0,11				0,25				2,31			
2	481,98	482,87	483,61	0,06	**0,07**	**0,01**	**19,46**	0,10	**0,14**	**0,03**	**24,63**	0,74	**1,14**	**0,37**	**32,16**
	473,66	474,98	476,20	0,08				0,16				1,22			
	472,11	473,30	474,76	0,07				0,17				1,46			
3	458,35	460,01	462,61	0,10	**0,11**	**0,01**	**11,22**	0,27	**0,28**	**0,03**	**11,84**	2,60	**2,60**	**0,36**	**13,67**
	455,45	457,50	460,45	0,13				0,31				2,95			
	456,11	457,86	460,10	0,11				0,25				2,24			
4	466,54	469,06	471,94	0,16	**0,14**	**0,02**	**12,65**	0,34	**0,31**	**0,05**	**16,42**	2,88	**2,74**	**0,56**	**20,42**
	482,09	484,06	486,18	0,12				0,26				2,12			
	464,30	466,71	469,92	0,15				0,35				3,21			
5	493,31	494,68	496,34	0,09	**0,09**	**0,01**	**7,93**	0,19	**0,20**	**0,02**	**8,39**	1,66	**1,77**	**0,16**	**8,88**
	498,69	500,14	501,84	0,09				0,20				1,70			
	486,49	488,09	490,04	0,10				0,22				1,95			
6	477,63	479,11	481,18	0,09	**0,11**	**0,01**	**13,69**	0,22	**0,25**	**0,03**	**13,02**	2,07	**2,30**	**0,29**	**12,84**
	478,23	479,95	482,14	0,11				0,24				2,19			
	491,17	493,12	495,75	0,12				0,29				2,63			
7	481,69	482,69	483,58	0,06	**0,08**	**0,02**	**22,30**	0,12	**0,19**	**0,06**	**34,37**	0,89	**1,70**	**0,74**	**43,73**
	472,42	473,79	475,64	0,09				0,20				1,85			
	489,00	490,58	492,93	0,10				0,25				2,35			
8	466,18	467,24	468,71	0,07	**0,05**	**0,02**	**44,67**	0,16	**0,11**	**0,06**	**54,46**	1,47	**1,05**	**0,65**	**62,05**
	465,12	466,02	467,41	0,06				0,14				1,39			
	467,85	468,24	468,54	0,02				0,04				0,30			
9	490,83	491,96	493,35	0,07	**0,07**	**0,00**	**5,81**	0,16	**0,16**	**0,00**	**0,40**	1,39	**1,43**	**0,07**	**5,07**
	469,69	470,82	472,20	0,07				0,16				1,38			
	464,00	465,02	466,53	0,06				0,16				1,51			
10	481,29	482,38	484,31	0,07	**0,04**	**0,02**	**46,98**	0,19	**0,10**	**0,07**	**72,33**	1,93	**0,95**	**0,87**	**91,78**
	500,15	500,67	501,33	0,03				0,07				0,66			
	493,32	493,83	494,09	0,03				0,05				0,26			
11	465,44	467,03	469,54	0,10	**0,11**	**0,01**	**7,97**	0,26	**0,27**	**0,02**	**7,91**	2,51	**2,67**	**0,21**	**7,93**
	465,50	467,19	469,78	0,11				0,27				2,19			
	474,14	476,00	478,91	0,12				0,30				2,63			

Tabela A9 - Ensaios no Estado Endurecido – Capilaridade – Argamassa de Revestimento

Dados do ensaio				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 10 min				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 90 min				COEFICIENTE DE CAPILARIDADE			
moldagem	**mi(g)**	**m10(g)**	**m90(g)**	**A10 (g/cm²)**	**A10 média (g/cm²)**	**desvio padrão**	**Coef var**	**A90 (g/cm²)**	**A90 média (g/cm²)**	**desvio padrão**	**coef var**	**C (g/dm2 .min1/2)**	**média de C**	**desvio padrão**	**coef var**
1	441,72	448,74	461,03	0,44	**0,40**	**0,03**	**8,40**	1,21	**1,10**	**0,09**	**8,44**	12,29	**11,16**	**0,98**	**8,81**
	443,45	449,80	460,30	0,40				1,05				10,50			
	431,81	437,76	448,45	0,37				1,04				10,69			
2	395,23	399,57	405,90	0,27	**0,28**	**0,01**	**5,03**	0,67	**0,70**	**0,04**	**5,11**	6,33	**6,66**	**0,35**	**5,29**
	387,25	391,61	398,22	0,27				0,69				6,61			
	381,35	386,09	393,12	0,30				0,74				7,03			
3	393,81	398,68	408,12	0,30	**0,38**	**0,06**	**16,97**	0,89	**1,03**	**0,13**	**12,35**	9,44	**10,45**	**1,10**	**10,53**
	393,38	400,10	411,72	0,42				1,15				11,62			
	393,33	399,90	410,18	0,41				1,05				10,28			
4	382,98	387,60	395,67	0,29	**0,30**	**0,01**	**3,35**	0,79	**0,82**	**0,02**	**2,69**	8,07	**8,32**	**0,23**	**2,80**
	386,51	391,45	399,81	0,31				0,83				8,36			
	383,86	388,63	397,16	0,30				0,83				8,53			
5	375,65	381,59	390,28	0,37	**0,35**	**0,02**	**5,24**	0,91	**0,88**	**0,05**	**5,39**	8,69	**8,38**	**0,48**	**5,77**
	372,96	378,31	386,13	0,33				0,82				7,82			
	372,17	377,79	386,41	0,35				0,89				8,62			
6	404,30	407,94	414,81	0,23	**0,22**	**0,02**	**10,90**	0,66	**0,61**	**0,06**	**10,11**	6,87	**6,30**	**0,64**	**10,14**
	404,94	407,98	413,59	0,19				0,54				5,61			
	407,07	410,81	417,23	0,23				0,64				6,42			
7	400,67	404,15	408,81	0,22	**0,22**	**0,01**	**4,02**	0,51	**0,53**	**0,02**	**4,23**	4,66	**5,00**	**0,30**	**5,95**
	399,17	402,86	408,02	0,23				0,55				5,16			
	390,26	393,68	398,87	0,21				0,54				5,19			
8	378,86	383,14	389,65	0,27	**0,21**	**0,06**	**26,45**	0,67	**0,58**	**0,10**	**16,26**	6,51	**5,94**	**0,62**	**10,44**
	392,49	395,95	401,98	0,22				0,59				6,03			
	375,94	378,42	383,70	0,16				0,48				5,28			

APÊNDICE B – Resultados dos ensaios de caracterização dos substratos de concreto

Tabela B1 – Resistência à Compressão do Concreto fcj 25 MPa

Data da moldagem	Slump (mm)	cp	carga (kN)	resistência (MPa)	média (MPa)	Desvio padrão	CoefF Var
27/06/06	190	1	197,50	27,86	**28,10**	1,02	3,62
		2	207,10	29,22			
		3	193,00	27,23			
04/07/06	200	1	223,00	31,46	**30,33**	0,98	3,22
		2	211,00	29,77			
		3	211,00	29,77			
11/07/06	200	1	196,00	27,65	**28,03**	0,33	1,19
		2	199,50	28,15			
		3	200,50	28,29			
18/07/06	170	1	208,00	29,34	**29,20**	0,19	0,64
		2	207,50	29,27			
		3	205,50	28,99			
01/08/06	180	1	186,00	26,24	**26,59**	0,32	1,22
		2	189,00	26,66			
		3	190,50	26,88			
29/08/06	185	1	210,50	29,70	**28,85**	0,88	3,06
		2	205,00	28,92			
		3	198,00	27,93			
19/09/06	190	1	180,00	25,39	**25,63**	0,25	0,97
		2	183,50	25,89			
		3	181,50	25,61			
03/10/06	190	1	195,50	27,58	**27,23**	0,31	1,13
		2	191,50	27,02			
		3	192,00	27,09			
10/10/06	190	1	187,50	26,45	**27,58**	1,49	5,41
		2	191,50	27,02			
		3	207,50	29,27			
24/10/06	210	1	187,00	26,38	**25,54**	0,81	3,19
		2	175,50	24,76			
		3	180,50	25,46			

Tabela B2 – Resistência à Compressão do Concreto fcj 35 MPa

Data da moldagem	Slump (mm)	cp	carga (kN)	resistência (MPa)	média (MPa)	Desvio padrão	COEF VAR
30/05/06	125	1	266,00	37,53	**38,30**	1,47	3,83
		2	265,00	37,39			
		3	283,50	40,00			
06/06/06	130	1	292,00	41,20	**40,91**	0,32	0,79
		2	287,50	40,56			
		3	290,50	40,98			
11/07/06	130	1	270,50	38,16	**37,50**	2,26	6,03
		2	248,00	34,99			
		3	279,00	39,36			
18/07/06	140	1	259,00	36,54	**34,96**	1,46	4,19
		2	238,50	33,65			
		3	246,00	34,71			
01/08/06	140	1	260,00	36,68	**36,73**	1,13	3,07
		2	268,50	37,88			
		3	252,50	35,62			
29/08/06	140	1	294,00	41,48	**41,45**	0,95	2,30
		2	300,50	42,39			
		3	287,00	40,49			
05/09/06	150	1	231,50	32,66	**32,87**	0,25	0,77
		2	235,00	33,15			
		3	232,50	32,80			
12/09/06	110	1	283,00	39,93	**39,48**	0,40	1,02
		2	279,00	39,36			
		3	277,50	39,15			
10/10/06	130	1	241,00	34,00	**34,24**	2,41	7,03
		2	260,50	36,75			
		3	226,50	31,95			
24/10/06	195	1	230,50	32,52	**32,94**	1,25	3,81
		2	243,50	34,35			
		3	226,50	31,95			

Tabela B3 – Resistência à Compressão do Concreto fcj 45 MPa

Data da moldagem	Slump (mm)	cp	carga (kN)	resistência (MPa)	média (MPa)	Desvio padrão	COEF VAR
13/06/06	70	1	324,50	45,78	**47,90**	1,84	3,85
		2	348,50	49,17			
		3	345,50	48,74			
20/06/06	60	1	320,00	45,15	**44,06**	1,26	2,87
		2	314,50	44,37			
		3	302,50	42,68			
11/07/06	70	1	343,50	48,46	**48,41**	0,71	1,46
		2	348,00	49,10			
		3	338,00	47,68			
18/07/06	65	1	321,00	45,29	**45,00**	1,02	2,26
		2	311,00	43,88			
		3	325,00	45,85			
01/08/06	75	1	315,50	44,51	**44,98**	1,27	2,82
		2	312,00	44,02			
		3	329,00	46,42			
08/08/06	60	1	314,00	44,30	**43,17**	1,02	2,36
		2	304,00	42,89			
		3	300,00	42,32			
15/08/06	50	1	330,00	46,56	**46,51**	0,99	2,13
		2	336,50	47,47			
		3	322,50	45,50			
29/08/06	80	1	348,50	49,17	**49,73**	0,80	1,61
		2	350,00	49,38			
		3	359,00	50,65			
10/10/06	60	1	335,50	47,33	**44,28**	2,65	5,99
		2	304,00	42,89			
		3	302,00	42,61			
24/10/06	155	1	290,50	40,98	**38,77**	2,56	6,59
		2	255,00	35,98			
		3	279,00	39,36			

Tabela B4 – Parâmetro Ra de rugosidade do concreto fcj 25 MPa

trat sup	linha	Ra médio (µm) para cutoff 0,8 mm (padrão)	média	Cut-off usado de acordo com a norma (mm)		Ra - valores individuais (µm)					Ra (µm) 1ª média	Ra - valores individuais (µm)					Ra (µm) 2ª média	Ra (µm) média final	Ra (µm) média geral
						Cut-off 1	Cut-off 2	Cut-off 3	Cut-off 4	Cut-off 5		Cut-off 6	Cut-off 7	Cut-off 8	Cut-off 9	Cut-off 10			
sem trat	**1**	1,9	1,5	**0,1<Ra<2**	**0,8**	0,7	0,8	3,3	3,5	1,7	**2,0**	0,8	3,9	3,0	0,8	0,8	**2,0**	**1,9**	1,5
	2	1,4				1,3	1,0	1,5	2,9	2,3	**1,8**	1,5	0,7	1,5	0,8	0,9	**1,1**	**1,4**	
	3	1,3				0,9	0,7	2,2	1,6	0,7	**1,2**	1,4	0,8	1,4	1,0	2,1	**1,3**	**1,3**	
	4	1,5				1,0	0,7	0,9	1,2	2,6	**1,3**	1,8	1,7	2,6	1,6	1,0	**1,8**	**1,5**	
lavado	**1**	1,1	1,5	**0,1<Ra<2**	**0,8**	1,0	1,5	1,2	0,9	0,9	**1,1**	0,9	1,2	1,0	1,0	0,9	**1,0**	**1,1**	1,5
	2	1,8				1,3	1,2	1,7	0,9	1,1	**1,2**	5,0	3,4	1,4	1,5	0,9	**2,4**	**1,8**	
	3	1,8				0,8	0,8	1,1	2,3	1,3	**1,3**	8,0	0,9	1,0	1,0	1,0	**2,4**	**1,8**	
	4	1,3				0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	**0,9**	5,4	0,8	0,8	0,6	0,7	**1,7**	**1,3**	
escovado	**1**	10,4	9,2	**2<Ra<10**	**2,5**	17,8	49,1	9,1	-	-	**25,3**	-	-	-	-	-	-	-	18,8
	2	15,0				22,9	25,8	44,2	-	-	**31,0**	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6,9				18,8	6,2	12,6	-	-	**12,6**	-	-	-	-	-	-	-	
	4	4,3				8,7	4,4	5,3	-	-	**6,1**	-	-	-	-	-	-	-	
lixado	**1**	14,8	16,0	**10<Ra<80**	**8,0**	42,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,2
	2	21,2				42,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	14,6				32,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	13,5				30,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apicoado	**1**	19,8	24,8	**10<Ra<80**	**8,0**	76,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	158,6
	2	27,0				262,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	26,2				188,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	26,0				107,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MBT	**1**	65,8	49,0	**10<Ra<80**	**8,0**	203,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	138,7
	2	36,2				206,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	43,3				75,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	50,8				69,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela B5 – Parâmetro Ra de rugosidade do concreto fcj 35 MPa

trat sup	linha	Ra médio (µm) para cutoff 0,8 mm (padrão)	média	Cut-off usado de acordo com a norma (mm)		Ra - valores individuais (µm)					Ra (µm) 1ª média	Ra - valores individuais (µm)					Ra (µm) 2ª média	Ra (µm) média final	Ra (µm) média geral
						Cut-off 1	Cut-off 2	Cut-off 3	Cut-off 4	Cut-off 5		Cut-off 6	Cut-off 7	Cut-off 8	Cut-off 9	Cut-off 10			
sem trat	1	0,8	1,2	0,1<Ra<2	0,8	0,6	0,8	1,2	0,7	0,9	**0,8**	0,8	0,8	0,6	0,8	0,7	**0,7**	**0,8**	1,2
	2	2,4				0,7	0,9	7,5	10,2	0,8	**4,0**	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	**0,7**	**2,4**	
	3	0,8				1,8	0,7	1,0	0,5	0,7	**1,2**	0,6	0,6	1,0	0,7	0,5	**0,7**	**0,8**	
	4	0,6				0,7	0,8	0,8	0,6	0,5	**0,6**	0,6	0,6	0,5	0,6	-	**0,6**	**0,6**	
lavado	1	1,1	1,2	0,1<Ra<2	0,8	0,9	1,0	0,8	0,6	1,4	**1,1**	1,2	1,0	1,4	1,3	1,2	**1,2**	**1,1**	1,2
	2	1,3				0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	**0,9**	3,7	1,8	0,8	1,1	0,7	**1,6**	**1,3**	
	3	1,2				2,4	1,3	0,9	1,0	0,7	**1,3**	0,9	0,9	2,0	0,9	0,9	**1,1**	**1,2**	
	4	1,1				0,8	0,8	1,0	0,8	1,0	**0,9**	1,1	1,1	2,4	0,9	1,2	**1,3**	**1,1**	
escovado	1	3,0	5,3	2<Ra<10	2,5	9,7	9,5	5,3	-	-	**8,1**	-	-	-	-	-	-	-	12,1
	2	10,6				10,1	45,1	13,1	-	-	**22,7**	-	-	-	-	-	-	-	
	3	4,5				7,5	8,6	9,3	-	-	**8,5**	-	-	-	-	-	-	-	
	4	3,0				8,5	9,9	8,2	-	-	**8,9**	-	-	-	-	-	-	-	
lixado	1	21,0	14,9	10<Ra<80	8,0	42,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,4
	2	11,3				23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	14,9				27,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	12,2				20,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apicoado	1	26,6	28,1	10<Ra<80	8,0	140,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	222,3
	2	24,5				226,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	32,8				332,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	28,6				189,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MBT	1	26,5	41,3	10<Ra<80	8,0	104,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172,3
	2	42,6				165,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	37,2				279,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	58,7				140,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela B6 – Parâmetro Ra de rugosidade do concreto fcj 45 MPa

trat sup	linha	Ra médio (µm) para cutoff 0,8 mm (padrão)	média	cut-off usado de acordo com a norma (mm)		Ra - valores individuais (µm)					Ra (µm) 1ª média	Ra - valores individuais (µm)					Ra (µm) 2ª média	Ra (µm) média final	Ra (µm) média geral
						Cut-off 1	Cut-off 2	Cut-off 3	Cut-off 4	Cut-off 5		Cut-off 6	Cut-off 7	Cut-off 8	Cut-off 9	Cut-off 10			
sem trat	1	1,7	1,6	0,1<Ra<2	0,8	2,5	1,6	1,1	1,8	1,1	**1,6**	1,2	2,4	1,4	1,3	2,7	**1,8**	**1,7**	1,6
	2	1,6				1,6	1,7	0,9	0,9	2,4	**1,5**	2,2	0,6	0,8	1,2	3,5	**1,6**	**1,6**	
	3	1,9				1,2	1,0	0,8	1,2	1,5	**1,1**	2,1	1,7	2,6	3,4	3,2	**2,6**	**1,9**	
	4	1,1				1,2	0,7	1,4	1,3	1,0	**1,1**	1,3	1,2	0,7	1,0	0,7	**1,0**	**1,1**	
lavado	1	1,1	1,4	0,1<Ra<2	0,8	1,4	1,3	1,3	1,8	0,7	**1,3**	1,1	0,7	0,8	1,0	0,9	**0,9**	**1,1**	1,4
	2	1,1				2,0	1,0	1,3	0,9	0,7	**1,2**	0,9	1,1	1,1	1,2	0,9	**1,0**	**1,1**	
	3	1,9				2,1	1,1	1,8	1,8	1,7	**1,7**	0,9	1,8	3,4	3,2	0,7	**2,0**	**1,9**	
	4	1,5				0,9	1,1	0,8	0,9	1,5	**1,1**	1,3	2,2	1,9	0,8	2,9	**1,8**	**1,5**	
escovado	1	4,9	5,3	2<Ra<10	2,5	7,0	6,8	7,1	-	-	**7,0**	-	-	-	-	-	-	-	8,6
	2	5,0				5,6	9,4	5,4	-	-	**6,8**	-	-	-	-	-	-	-	
	3	6,2				17,5	5,8	10,8	-	-	**11,4**	-	-	-	-	-	-	-	
	4	5,2				9,5	6,3	12,1	-	-	**9,3**	-	-	-	-	-	-	-	
lixado	1	14,6	14,1	10<Ra<80	8,0	29,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,5
	2	10,2				36,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	19,6				38,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	11,9				29,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apicoado	1	24,3	24,9	10<Ra<80	8,0	260,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182,2
	2	23,4				254,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	26,3				126,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	25,7				86,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MBT	1	30,9	33,8	10<Ra<80	8,0	129,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141,9
	2	20,9				180,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	25,6				61,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	57,7				197,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela B7 – Parâmetro Rq de rugosidade do concreto fcj 25 MPa

trat sup	linha	Cut-off usado de acordo com a norma (mm)	Rq - valores individuais (µm)					Rq (µm) 1ª média	Rq - valores individuais (µm)					Rq (µm) 2ª média	Rq (µm) média final	Rq (µm) média geral
			Cut-off 1	Cut-off 2	Cut-off 3	Cut-off 4	Cut-off 5		Cut-off 6	Cut-off 7	Cut-off 8	Cut-off 9	Cut-off 10			
sem trat	1	0,8	0,9	1,1	3,7	5,0	2,1	**2,6**	1,0	4,8	3,8	0,9	1,0	**2,3**	**2,4**	1,9
	2		1,7	1,3	1,9	3,7	2,6	**2,2**	1,7	0,8	1,9	1,1	1,2	**1,3**	**1,8**	
	3		1,2	0,9	2,6	2,0	0,9	**1,5**	1,8	1,0	1,7	1,2	2,5	**1,6**	**1,6**	
	4		1,3	0,9	1,1	1,4	3,5	**1,6**	2,2	2,0	3,6	2,2	1,3	**2,3**	**2,0**	
lavado	1	0,8	1,3	2,0	1,6	1,2	1,1	**1,4**	1,2	1,4	1,2	1,2	1,1	**1,2**	**1,3**	2,0
	2		1,6	1,4	2,1	1,2	1,4	**1,5**	6,1	4,8	1,7	1,8	1,2	**3,1**	**2,3**	
	3		1,1	0,9	1,3	2,7	1,7	**1,5**	9,6	1,1	1,2	1,3	1,2	**2,9**	**2,2**	
	4		1,1	1,3	1,1	1,1	6,3	**2,2**	6,3	1,0	1,0	0,8	0,9	**2,0**	**2,1**	
escovado	1	2,5	20,9	75,8	10,9	-	-	**35,9**	-	-	-	-	-	-	-	24,7
	2		26,7	28,7	63,2	-	-	**39,5**	-	-	-	-	-	-	-	
	3		21,4	9,3	15,6	-	-	**15,4**	-	-	-	-	-	-	-	
	4		10,3	6,0	7,2	-	-	**7,8**	-	-	-	-	-	-	-	
lixado	1	8,0	50,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,5
	2		55,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		42,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		37,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apicoado	1	8,0	90,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192,5
	2		299,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		240,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		139,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MBT	1	8,0	268,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	186,4
	2		260,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		111,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		106,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela B8 – Parâmetro Rq de rugosidade do concreto fcj 35 MPa

trat sup	linha	Cut-off usado de acordo com a norma (mm)	Rq - valores individuais (µm)					Rq (µm) 1ª média	Rq - valores individuais (µm)					Rq (µm) 2ª média	Rq (µm) média final	Rq (µm) média geral
			Cut-off 1	Cut-off 2	Cut-off 3	Cut-off 4	Cut-off 5		Cut-off 6	Cut-off 7	Cut-off 8	Cut-off 9	Cut-off 10			
sem trat	1	0,8	0,8	1,0	2,8	0,9	1,2	**1,34**	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	**0,9**	**1,1**	1,4
	2		0,9	1,1	8,9	11,8	1,0	**4,7**	0,9	1,0	0,9	0,8	0,9	**0,9**	**2,8**	
	3		2,2	0,8	1,4	0,7	0,8	**1,2**	0,8	0,7	1,2	0,9	0,7	**0,9**	**1,0**	
	4		0,9	1,0	1,1	0,8	0,6	**0,9**	0,7	0,7	0,7	0,8	-	**0,7**	**0,8**	
lavado	1	0,8	1,2	1,2	1,0	0,8	1,6	**1,2**	1,3	1,2	1,7	1,7	1,4	**1,5**	**1,3**	1,5
	2		1,0	1,2	1,3	1,2	1,2	**1,2**	4,7	2,3	0,9	1,4	0,9	**2,0**	**1,6**	
	3		3,1	1,9	1,1	1,2	1,0	**1,7**	1,2	1,1	2,5	1,1	1,1	**1,4**	**1,5**	
	4		1,0	1,0	1,3	0,9	1,2	**1,1**	1,4	1,3	3,8	1,1	1,6	**1,8**	**1,5**	
escovado	1	2,5	11,2	11,9	6,5	-	-	**9,9**	-	-	-	-	-	-	-	14,9
	2		12,1	56,9	15,6	-	-	**28,2**	-	-	-	-	-	-	-	
	3		9,5	10,0	11,8	-	-	**10,4**	-	-	-	-	-	-	-	
	4		11,2	11,8	10,6	-	-	**11,2**	-	-	-	-	-	-	-	
lixado	1	8,0	53,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,5
	2		31,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		34,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		25,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apicoado	1	8,0	161,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	263,5
	2		274,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		399,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		218,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MBT	1	8,0	128,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	204,5
	2		200,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		327,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		162,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela B9 – Parâmetro Rq de rugosidade do concreto fcj 45 MPa

trat sup	linha	Cut-off usado de acordo com a norma (mm)	Rq - valores individuais (µm)					Rq (µm) 1ª média	Rq - valores individuais (µm)					Rq (µm) 2ª média	Rq (µm) média final	Rq (µm) média geral
			Cut-off 1	Cut-off 2	Cut-off 3	Cut-off 4	Cut-off 5		Cut-off 6	Cut-off 7	Cut-off 8	Cut-off 9	Cut-off 10			
sem trat	1	0,8	3,2	2,2	1,4	2,1	1,4	**2,1**	1,5	2,7	1,7	1,5	3,1	**2,1**	**2,1**	1,9
	2		2,0	2,5	1,1	1,4	2,8	**2,0**	2,6	0,9	1,0	1,4	4,0	**2,0**	**2,0**	
	3		1,5	1,2	1,0	1,4	1,8	**1,4**	2,4	1,9	3,5	3,8	3,6	**3,0**	**2,2**	
	4		1,4	0,9	1,8	1,6	1,2	**1,4**	1,5	1,5	0,9	1,2	0,9	**1,2**	**1,3**	
lavado	1	0,8	1,7	1,6	1,6	2,4	0,9	**1,6**	1,4	0,8	1,0	1,2	1,0	**1,1**	**1,4**	1,7
	2		2,9	1,2	1,7	1,1	1,0	**1,6**	1,2	1,3	1,4	1,6	1,1	**1,3**	**1,5**	
	3		2,6	1,4	2,2	2,4	2,3	**2,2**	1,1	2,1	4,5	4,1	0,9	**2,5**	**2,4**	
	4		1,1	1,4	1,0	1,2	1,8	**1,3**	1,6	2,9	2,2	1,1	3,5	**2,3**	**1,8**	
escovado	1	2,5	8,1	8,1	9,0	-	-	**8,4**	-	-	-	-	-	-	-	10,5
	2		6,3	14,2	6,1	-	-	**8,9**	-	-	-	-	-	-	-	
	3		20,7	7,0	12,8	-	-	**13,5**	-	-	-	-	-	-	-	
	4		11,7	7,3	15,1	-	-	**11,4**	-	-	-	-	-	-	-	
lixado	1	8,0	34,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,8
	2		45,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		47,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		35,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apicoado	1	8,0	291,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	204,7
	2		279,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		143,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		104,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MBT	1	8,0	153,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	168,2
	2		214,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3		74,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4		230,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabela B10 – Parâmetros Rmaz e Rz de rugosidade do concreto fcj 25 MPa

			Rmax (µm)		Rz (µm)			
trat sup	**linha**	**Cut-off usado**	**Rmax**	**Rmax total**	**1ª média**	**2ª média**	**média geral**	**média geral**
sem trat	**1**	**0,8**	**27,6**	27,6	**18,4**	**12,9**	**15,6**	12,8
	2		**16,5**		**14,0**	**9,4**	**11,7**	
	3		**11,8**		**9,9**	**11,0**	**10,4**	
	4		**20,9**		**13,1**	**13,5**	**13,3**	
lavado	**1**	**0,8**	**10,8**	41,9	**8,1**	**6,7**	**7,4**	13,5
	2		**26,7**		**16,3**	**15,4**	**15,8**	
	3		**41,9**		**21,4**	**15,1**	**18,3**	
	4		**25,5**		**15,9**	**8,8**	**12,4**	
escovado	**1**	**2,5**	301,6	341,1	**-**	**-**	**154,7**	133,2
	2		341,1		**-**	**-**	**260,5**	
	3		96,9		**-**	**-**	**76,0**	
	4		49,6		**-**	**-**	**41,7**	
lixado	**1**	**8,0**	209,3	305,8	**-**	**-**	209,3	224,2
	2		305,8		**-**	**-**	305,8	
	3		227,4		**-**	**-**	227,4	
	4		154,1		**-**	**-**	154,1	
apicoado	**1**	**8,0**	353,2	1047,5	**-**	**-**	353,2	740,9
	2		1047,5		**-**	**-**	1047,5	
	3		859,2		**-**	**-**	859,2	
	4		703,7		**-**	**-**	703,7	
MBT	**1**	**8,0**	1218,0	1218,0	**-**	**-**	1218,0	957,5
	2		1013,3		**-**	**-**	1013,3	
	3		797,3		**-**	**-**	797,3	
	4		801,3		**-**	**-**	801,3	

Tabela B11 – Parâmetros Rmaz e Rz de rugosidade do concreto fcj 35 MPa

			Rmax (µm)		Rz (µm)			
trat sup	**linha**	**Cut-off usado**	**Rmax**	**Rmax total**	**1ª média**	**2ª média**	**média geral**	**média geral**
sem trat	**1**	**0,8**	**64,6**	64,6	**29,8**	**5,1**	**17,4**	11,2
	2		**42,9**		**26,1**	**5,7**	**15,9**	
	3		**8,5**		**7,0**	**5,1**	**6,1**	
	4		**6,1**		**5,2**	**-**	**5,2**	
lavado	**1**	**0,8**	**8,4**	23,6	**7,2**	**7,8**	**7,5**	10,7
	2		**19,8**		**11,8**	**11,1**	**11,5**	
	3		**14,3**		**10,5**	**9,5**	**10,0**	
	4		**23,6**		**9,9**	**17,4**	**13,6**	
escovado	**1**	**2,5**	56,1	209,4	**-**	**-**	**45,0**	69,5
	2		209,4		**-**	**-**	**112,2**	
	3		86,7		**-**	**-**	**72,0**	
	4		53,4		**-**	**-**	**48,7**	
lixado	**1**	**8,0**	225,4	225,4	**-**	**-**	225,4	179,4
	2		184,4		**-**	**-**	184,4	
	3		164,0		**-**	**-**	164,0	
	4		143,7		**-**	**-**	143,7	
apicoado	**1**	**8,0**	577,5	1378,5	**-**	**-**	577,5	943,2
	2		964,0		**-**	**-**	964,0	
	3		1378,5		**-**	**-**	1378,5	
	4		852,8		**-**	**-**	852,8	
MBT	**1**	**8,0**	488,9	1296,7	**-**	**-**	488,9	803,0
	2		794,6		**-**	**-**	794,6	
	3		1296,7		**-**	**-**	1296,7	
	4		631,8		**-**	**-**	631,8	

Tabela B12 – Parâmetros Rmaz e Rz de rugosidade do concreto fcj 45 MPa

			Rmax (µm)		Rz (µm)			
trat sup	**linha**	**Cut-off usado**	**Rmax**	**Rmax total**	**1ª média**	**2ª média**	**média geral**	**média geral**
sem trat	**1**	**0,8**	**17,0**	19,5	**12,7**	**13,4**	**13,1**	12,1
	2		**16,9**		**11,7**	**16,9**	**14,3**	
	3		**19,5**		**10,3**	**17,4**	**13,8**	
	4		**8,9**		**8,1**	**7,3**	**7,1**	
lavado	**1**	**0,8**	**10,9**	25,1	**8,5**	**5,5**	**7,0**	11,7
	2		**16,8**		**10,7**	**8,2**	**9,5**	
	3		**25,1**		**14,8**	**20,1**	**17,4**	
	4		**16,1**		**9,9**	**15,9**	**12,9**	
escovado	**1**	**2,5**	38,3	106,8	**-**	**-**	**35,3**	57,9
	2		106,8		**-**	**-**	**53,5**	
	3		78,3		**-**	**-**	**57,6**	
	4		105,3		**-**	**-**	**85,1**	
lixado	**1**	**8,0**	157,2	248,8	**-**	**-**	157,2	205,5
	2		248,7		**-**	**-**	248,7	
	3		248,8		**-**	**-**	248,8	
	4		167,4		**-**	**-**	167,4	
apicoado	**1**	**8,0**	951,0	951,0	**-**	**-**	951,0	749,0
	2		861,2		**-**	**-**	861,2	
	3		622,5		**-**	**-**	622,5	
	4		561,4		**-**	**-**	561,4	
MBT	**1**	**8,0**	725,6	904,3	**-**	**-**	725,6	682,5
	2		904,3		**-**	**-**	904,3	
	3		305,7		**-**	**-**	305,7	
	4		794,3		**-**	**-**	794,3	

Tabela B13 – Área Superficial Específica dos substratos de concreto tratados

Concreto (fcj)	**Tratamento superficial**	**X (mm)**	**Y (mm)**	**área em plano – SG (mm²)**	**área com tratamento – SS (mm²)**	**acréscimo de área (mm²) (SS-SG)**	**% de aumento sobre a área em planta**	**Incremento de Superfície Específica - ISS**	**Acréscimo de área (%)**
25	Sem tratamento	29,2	29,9	873,08	876,37	3,29	0%	1,0038	0,38%
	Lavado	29,2	29,9	873,08	877,17	4,09	0%	1,0047	0,47%
	Escovado	29,2	29,9	873,08	893,04	19,96	2%	1,0229	2,29%
	Lixado	29,2	29,9	873,08	911,19	38,11	4%	1,0436	4,36%
	Apicoado	29,2	29,9	873,08	999,73	126,65	15%	1,1451	14,51%
	MBT	29,9	29,3	876,07	1088,53	212,46	24%	1,2425	24,25%
35	Sem tratamento	29,9	28,9	864,11	868,81	4,70	1%	1,0054	0,54%
	Lavado	28,4	29,6	840,64	844,09	3,45	0%	1,0041	0,41%
	Escovado	29,0	30,1	872,9	938,44	65,54	8%	1,0751	7,51%
	Lixado	29,0	29,5	855,5	880,90	25,40	3%	1,0297	2,97%
	Apicoado	29,8	29,9	891,02	1006,59	115,57	13%	1,1297	12,97%
	MBT	29,3	30,2	884,86	1086,59	201,73	23%	1,2280	22,80%
45	Sem tratamento	29,7	30,2	896,94	897,83	0,89	0%	1,0010	0,10%
	Lavado	29,7	29,4	873,18	876,36	3,18	0%	1,0036	0,36%
	Escovado	28,5	30,0	855	871,27	16,27	2%	1,0190	1,90%
	Lixado	29,3	30,1	881,93	912,95	31,02	4%	1,0352	3,52%
	Apicoado	28,9	29,7	858,33	937,44	79,11	9%	1,0922	9,22%
	MBT	31,2	28,9	901,68	1122,48	220,80	24%	1,2449	24,49%

Tabela B14 – Taxa de Absorção e Resistência Capilar do concreto fcj 25 MPa

tratamento	cp	X ($h^{1/2}$)	Y (g)	Tx absorção ($g/cm^2.h^{1/2}$)	média	Resistência capilar (h/m^2)	média
CDST	1	44,30	37,24	0,0083	0,0092	2979122	2581087
	2	43,24	44,14	0,0101		2183052	
CDLF	1	32,54	40,37	0,0123	0,0115	1507678	1668819
	2	44,86	48,46	0,0107		1829960	
CDLQ	1*	14,22	43,31	(0,0291)	0,0115	(274880)	1699907
	2	37,01	44,66	0,0115		1699907	
SDST	1	31,81	45,15	0,0139	0,0141	1187880	1158443
	2	32,34	47,62	0,0144		1129005	
SDLF	1	32,19	42,04	0,0127	0,0131	1349453	1255032
	2	32,42	45,23	0,0136		1160611	
SDES	1	28,25	41,42	0,0141	0,0130	1066820	1205791
	2	33,84	41,47	0,0118		1344761	
SDLX	1	27,47	35,05	0,0119	0,0121	1217309	1194250
	2	30,60	40,63	0,0124		1171191	
SDRP	1	31,80	32,37	0,0105	0,0102	1480098	1482723
	2	32,15	31,10	0,0100		1485349	
SDAP	1	28,68	36,52	0,0129	0,0127	1083732	1106375
	2	30,29	37,39	0,0125		1129018	

* cp afogou

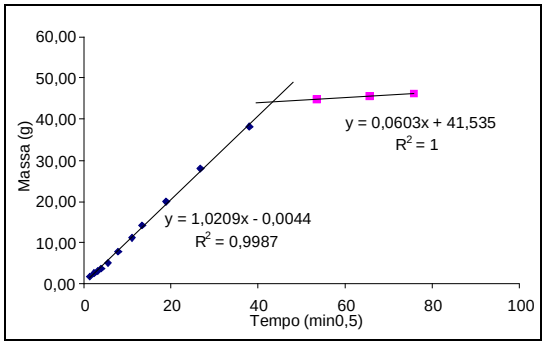
Tabela B15 – Taxa de Absorção e Resistência Capilar do concreto fcj 35 MPa

tratamento	cp	X ($h^{1/2}$)	Y (g)	Tx absorção ($g/cm^2.h^{1/2}$)	média	Resistência capilar (h/m^2)	média
CDST	1	42,14	38,46	0,0089	0,0096	2391296	2040525
	2	36,72	38,95	0,0103		1689754	
CDLF	1	42,66	52,57	0,0118	0,0110	1892014	2121077
	2	38,81	41,36	0,0102		2350140	
CDLQ	1	34,27	48,13	0,0139	0,0138	1411279	1440233
	2	28,88	39,64	0,0136		1469188	
SDST	1	30,56	40,47	0,0127	0,0131	1196049	1239072
	2	29,34	41,10	0,0135		1282096	
SDLF	1	30,99	42,01	0,0128	0,0130	1302307	1227606
	2	32,09	44,85	0,0132		1152906	
SDES	1	24,99	31,16	0,0121	0,0136	1112100	1019758
	2	25,2	39,15	0,0151		927415	
SDLX	1	39,90	45,20	0,0113	0,0124	2582351	1967498
	2	33,59	45,68	0,0136		1352645	
SDRP	1	38,74	37,98	0,0093	0,0100	1999537	1787857
	2	31,68	35,15	0,0107		1576177	
SDAP	1	29,84	45,56	0,0146	0,0141	832084	950157
	2	30,88	44,22	0,0137		1068230	

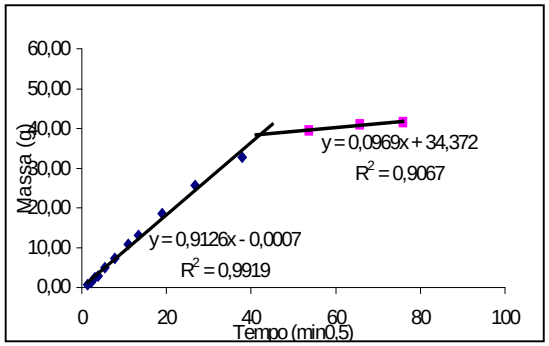
Tabela B16 – Taxa de Absorção e Resistência Capilar do concreto fcj 45 MPa

tratamento	cp	X ($h^{1/2}$)	Y (g)	Tx absorção ($g/cm^2.h^{1/2}$)	média	Resistência capilar (h/m^2)	média
CDST	1	39,35	49,50	0,0122	0,0118	2101534	2186070
	2	43,88	51,97	0,0115		2270606	
CDLF	1	38,05	51,21	0,0133	0,0133	1844383	1894496
	2	40,64	54,15	0,0132		1944609	
CDLQ	1	39,35	49,50	0,0122	0,0118	2135623	2282927
	2	43,88	51,97	0,0115		2430231	
SDST	1	40,70	47,12	0,0113	0,0105	2221578	2256379
	2	46,71	46,14	0,0097		2291180	
SDLF	1	44,72	46,98	0,0107	0,0106	2192717	2882802
	2	56,28	58,06	0,0105		3572886	
SDES	1	48,19	54,94	0,0108	0,0100	2204000	2277753
	2	48,01	47,09	0,0093		2351507	
SDLX	1	32,02	35,05	0,0127	0,0119	1259194	1544679
	2	39,32	46,09	0,0111		1830164	
SDRP	1	40,45	39,90	0,0097	0,0093	2034073	2075016
	2	43,32	39,19	0,0089		2115959	
SDAP	1	41,51	45,62	0,0101	0,0106	2210088	1927884
	2	29,85	36,19	0,0111		1645680	

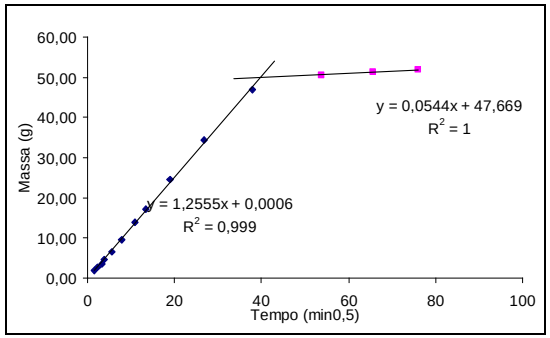
As figuras a seguir apresentam graficamente as retas de absorção e saturação de um corpo-de-prova de cada concreto submetidos aos diferentes tratamentos superficiais.



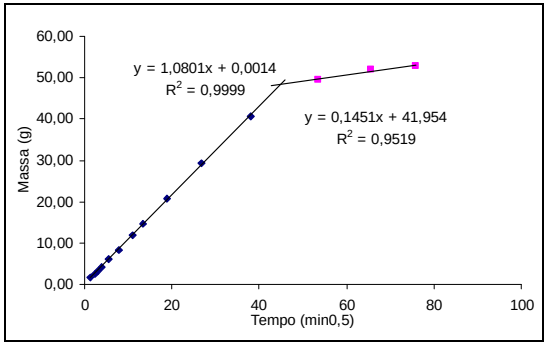
Com desmol sem trat 21



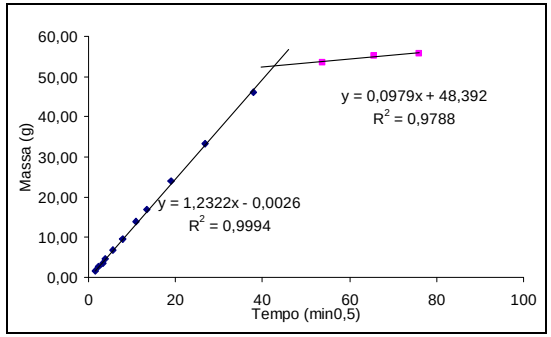
Com desmol sem trat 28



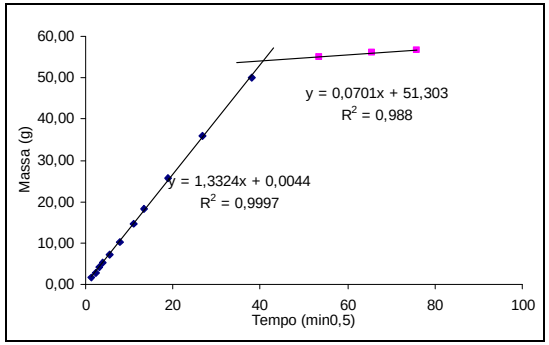
Com desmol sem trat 35



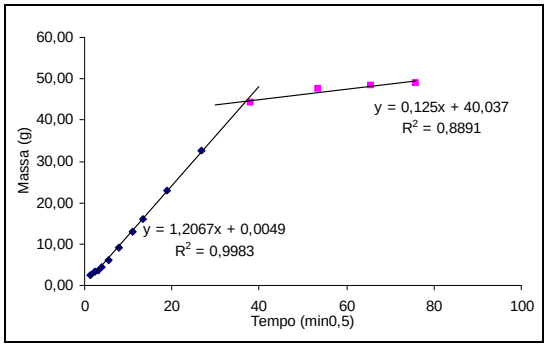
Com desmol lavado frio 21



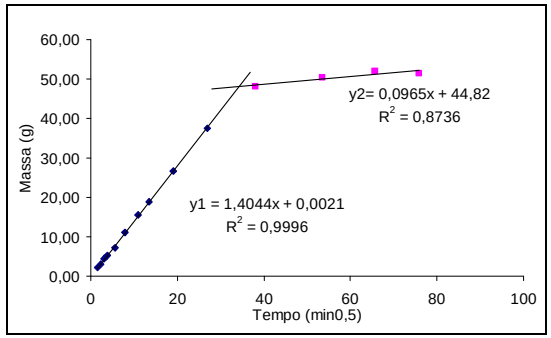
Com desmol lavado frio 28



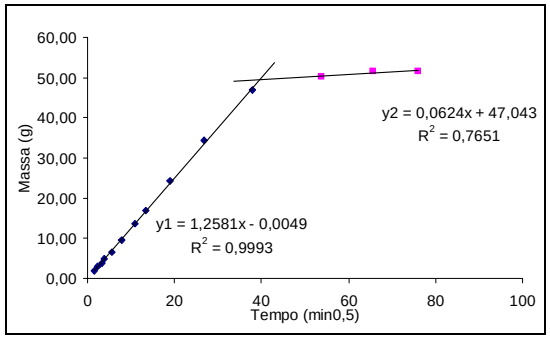
Com desmol lavado frio 35



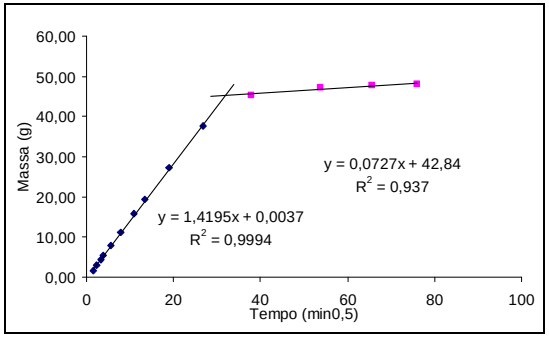
com desmol lav quente 21



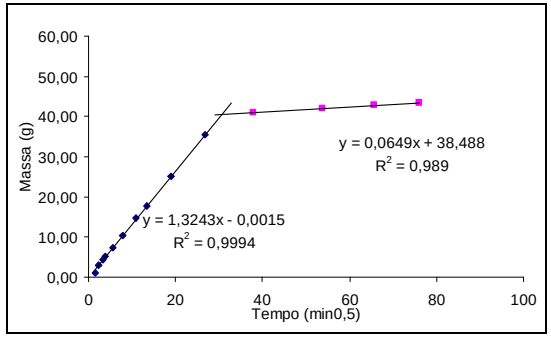
com desmol lav quente 28



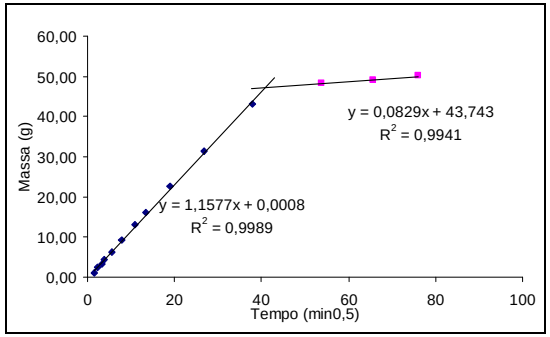
com desmol lav quente 35



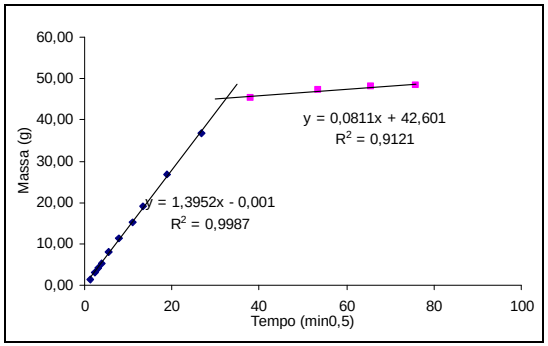
Sem trat 21



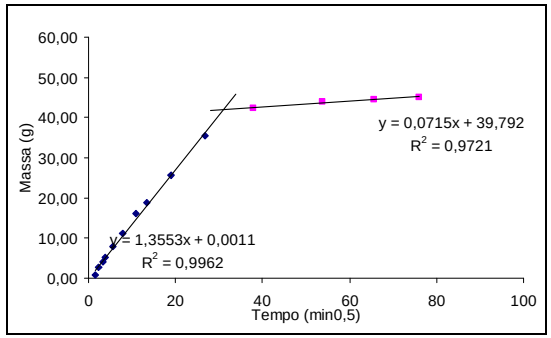
Sem trat 28



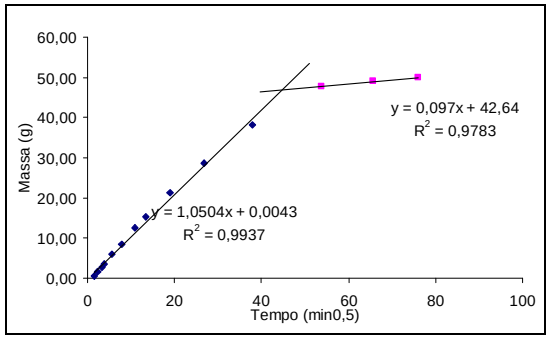
Sem trat 35



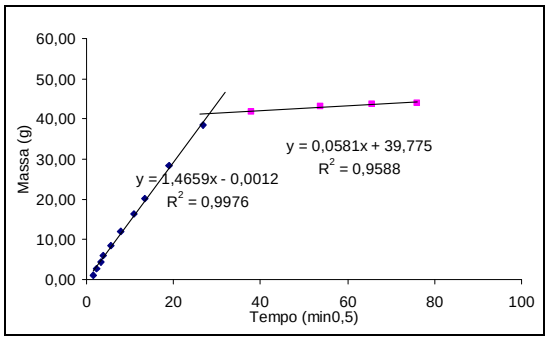
Lavado 21



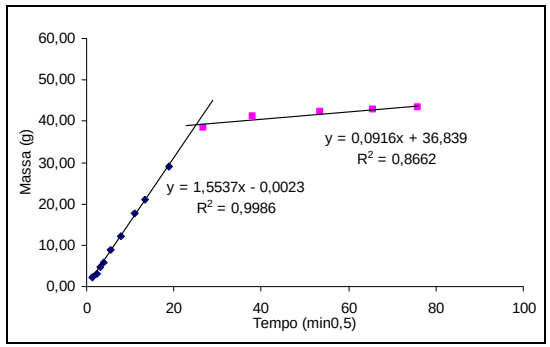
Lavado 28



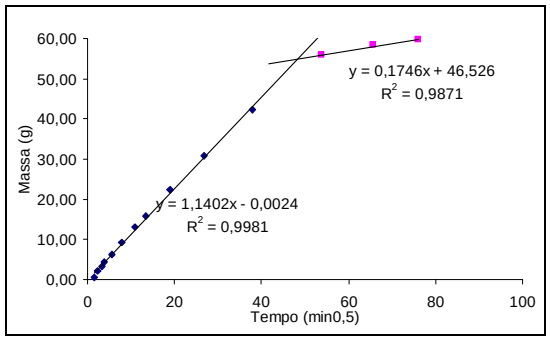
Lavado 35



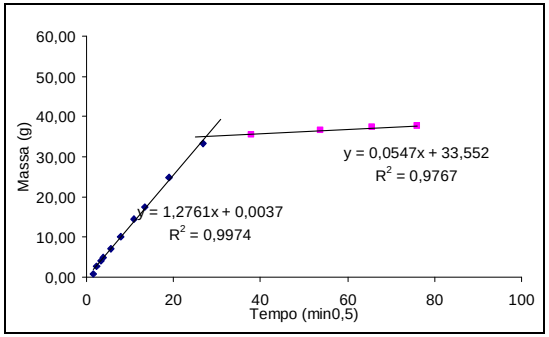
Escovado 21



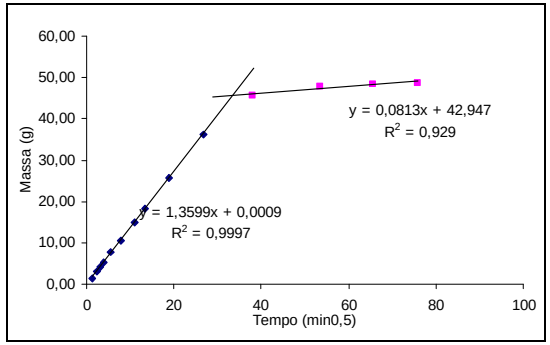
Escovado 28



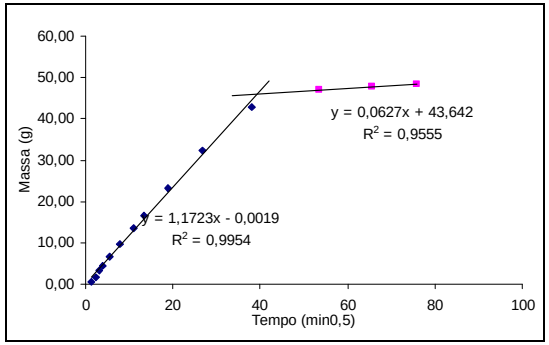
Escovado 35



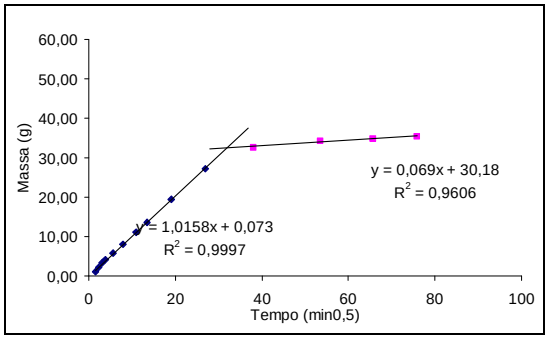
Lixado 21



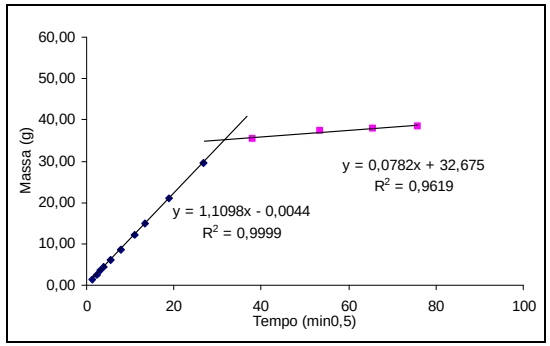
Lixado 28



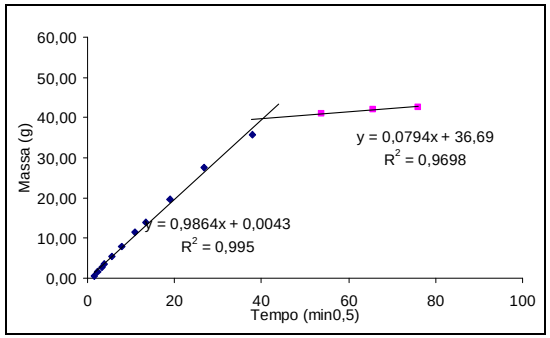
Lixado 35



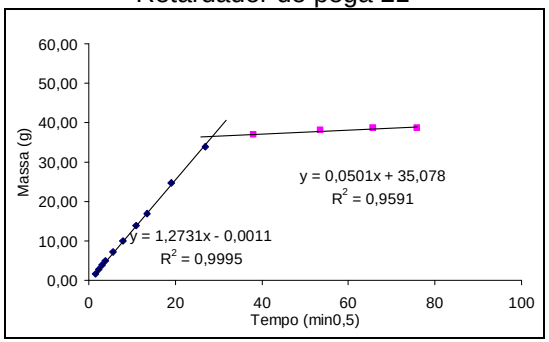
Retardador de pega 21



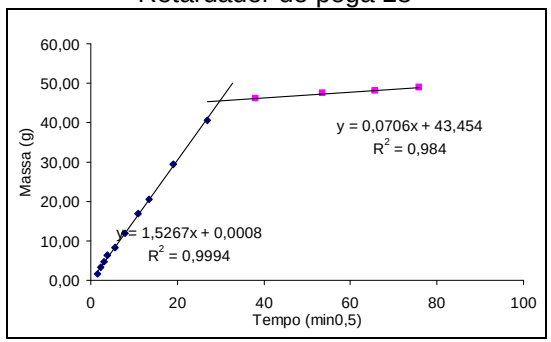
Retardador de pega 28



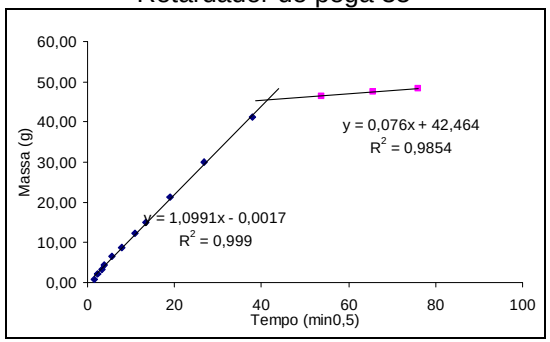
Retardador de pega 35



apicoado 21



Apicoado 28



Apicoado 35

APÊNDICE C – Estudo Preliminar

C.1. Caracterização, Preparo e Aplicação da Argamassa de Revestimento do Estudo Preliminar

Objetivando um melhor conhecimento da argamassa empregada, foi feito um estudo preliminar obedecendo todo o programa experimental, quanto aos ensaios. Esse estudo preliminar proporcionou aperfeiçoar as técnicas empregadas, bem como as características da argamassa de revestimento**.**

A argamassa de revestimento consistiu em uma argamassa industrializada de múltiplo uso, aplicada em camada única, com espessura de camada de 20,0 mm. A relação água/materiais secos foi fixada em 0,172 l/kg, de acordo com a consistência padrão de 255±10 mm.

Para a caracterização da argamassa de revestimento foram realizados os mesmos ensaios realizados para caracterizar os chapiscos, os quais apresentam-se na tabela C1.1, que também apresenta a classificação segundo a NBR 13281/2005.

Tabela C1 – Resultados dos ensaios de caracterização física e mecânica das argamassas de revestimento – valores médios

ENSAIO	NORMA NBR	RESULTADOS	Cl
Índice de consistência	13276/2002	245 mm	—
Retenção de água	13277/1995*	94%	U5
Densidade de massa	13278/2005	1,77 g/cm³	D4
Teor de ar incorporado		21 %	—
Resistência à Flexão	13279/2005	1,64 MPa	R2
Resistência à compressão		4,10 MPa	P4
Absorção por capilaridade – A10	15259/2005	0,34 g/cm²	—
Absorção por capilaridade – A90		0,96 g/cm²	—
Coeficiente de capilaridade – C		9,95 g/dm2.min1/2	C5

Cl = Classificação conforme NBR 13281/2005.
(*) a norma NBR 13277 possui atualização de dezembro de 2005, no entanto, quando os ensaios foram realizados, a versão de 1995 ainda estava em vigor.

A mistura da argamassa foi feita em betoneira de eixo inclinado com capacidade nominal de 100 litros. A mistura foi feita por um período inicial de 2 minutos, sendo feito um repouso de 1 minuto e uma mistura final por mais 1 minuto. A aplicação sobre o chapisco industrializado se deu por lançamento manual pelo pedreiro.

C.2. Apresentação dos Resultados do Estudo Preliminar

Tabela C2 – Média das resistências à tração do sistema de revestimento

Desmoldante	Tratamento superficial	Concreto	1.1.1 Chapisco convencional				1.1.2 Chapisco industrializado			
			1.1.3 N	1.1.4 A	1.1.5 C/A	1.1.6 S/C	1.1.7 N	1.1.8 A	1.1.9 C/A	1.1.10 S/C
Com	Sem tratamento	25MPa	0,16		0,09		0,13		0,08	
	Lavado frio		0,11		0,11		0,20	0,12		
	Lavado quente		0,16		0,10		0,13		0,09	
Sem	Sem tratamento		0,16		0,09		0,19	0,12	0,20	
	Lavado		0,12		0,10		0,19	0,15	0,08	
	Escovado		0,10		0,09		0,20	0,13	0,15	
	Lixado		0,06		0,07		0,06	0,07		
	Apicoado		0,12		0,08		0,19	0,15	0,21	
Com	Sem tratamento	35 MPa			0,04	0,03	0,21	0,17		
	Lavado frio				0,03	0,04	0,21	0,16		
	Lavado quente		0,16		0,14		0,13	0,08		
Sem	Sem tratamento		0,24		0,10	0,13	0,16	0,17		
	Lavado		0,18		0,17	0,12	0,23	0,17		
	Escovado		0,16		0,14	0,10	0,23	0,13	0,13	
	lixado		0,11		0,04		0,08	0,06		
	Apicoado		0,14	0,19	0,18		0,21	0,16	0,21	
Com	Sem tratamento	45 MPa	0,33		0,18	0,07	0,18	0,17		
	Lavado frio				0,17	0,14	0,20	0,15		
	Lavado quente		0,13		0,10		0,12	0,07	0,07	
Sem	Sem tratamento				0,07	0,08	0,22	0,13		
	Lavado		0,22		0,21			0,16		
	Escovado		0,22		0,18		0,21	0,11		
	lixado		0,06		0,06		0,05	0,05		
	Apicoado		0,33		0,20		0,24	0,16		

Na figura C3, apresentam-se graficamente as formas de ruptura obtidas para o chapisco convencional, distribuídas por percentagem em que ocorreram considerando-se todos os corpos-de-prova.

Como alguns corpos-de-prova romperam durante o corte, ao serrar, ou ainda durante o ajuste do equipamento de tração, registrou-se a forma de ruptura, sendo portanto considerados.

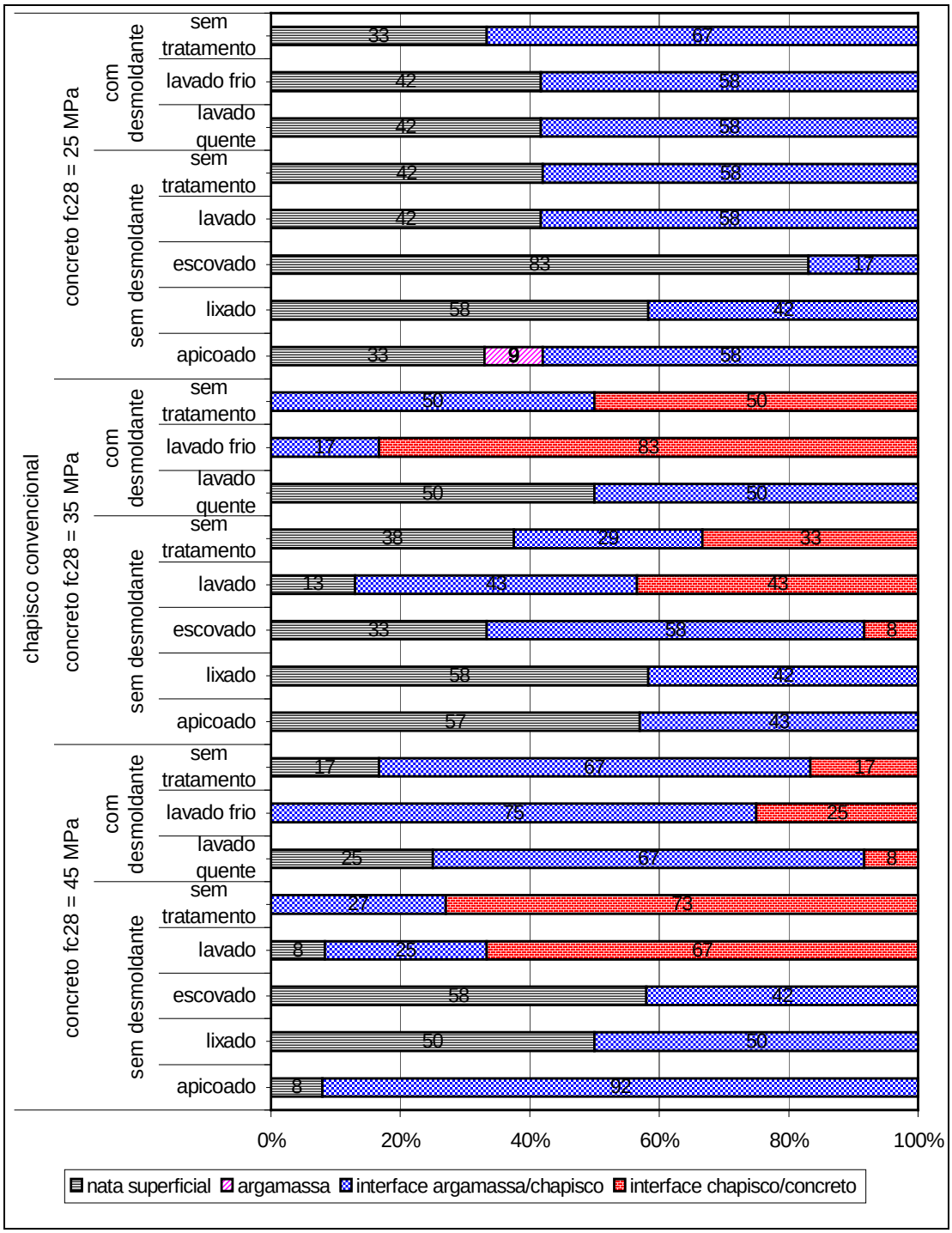


Figura C3 – Percentuais de corpos-de-prova rompidos por formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração, chapisco convencional

Na figura C4, apresentam-se as formas de ruptura obtidas para o chapisco industrializado.

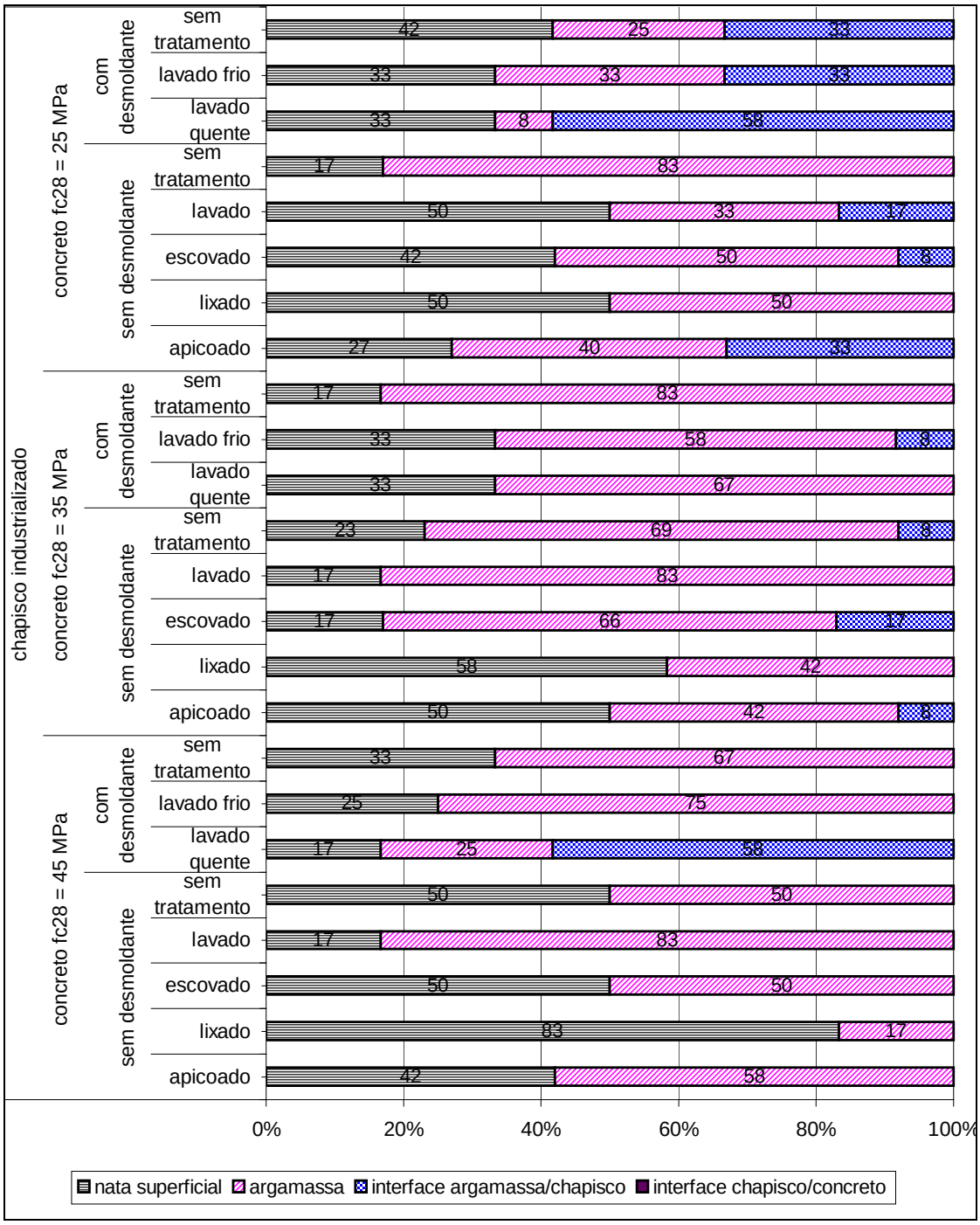


Figura C4 - Percentuais de corpos-de-prova rompidos por formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração, chapisco industrializado

A tabela C4 apresenta os valores médios, bem como os desvio padrão e os coeficientes de variação, obtidos no ensaio para determinação da resistência de aderência do revestimento executado na primeira e na segunda fase, respectivamente.

Nas resistências de aderência apresentadas na tabela C4, alguns prismas sofreram alteração nas condições de cura pelo equipamento de regulagem da câmara climatizada ter-se danificado.

Tabela C4 – Médias e desvios das resistências à tração do sistema de revestimento

Desmol-dante	Tipo de tratamento	Tipo de chapisco	Concreto fc_{28} 25 MPa			Concreto fc_{28} 35 MPa			Concreto fc_{28} 45 MPa		
			Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
Com	Sem tratamento	convencional	0,11	0,07	61,02	0,03	0,02	57,07	0,19	0,10	53,83
	Lavado frio		0,11	0,03	28,32	0,01	0,02	182,8	0,16	0,05	29,04
	Lavado quente		0,11	0,06	53,00	0,15	0,05	35,85	0,08	0,05	66,16
Sem	Sem tratamento		0,11	0,06	49,86	0,13	0,07	50,44	0,04	0,04	103,8
	Lavado		0,11	0,04	35,30	0,12	0,07	64,07	0,10	0,10	108,9
	Escovado		0,10	0,05	54,21	0,14	0,05	35,21	0,19	0,07	36,04
	Lixado		0,06*	0,02	33,33	0,06*	0,02	33,33	0,06*	0,01	16,67
	Apicoado		0,08	0,06	68,72	0,18	0,04	24,22	0,23	0,10	41,52
Com	Sem tratamento	industrializado	0,11	0,06	42,18	0,18	0,07	41,38	0,17	0,08	49,01
	Lavado frio		0,14	0,08	53,44	0,18	0,05	28,06	0,15	0,08	53,14
	Lavado quente		0,10	0,06	58,57	0,10	0,05	49,17	0,08	0,03	41,94
Sem	Sem tratamento		0,14	0,06	42,18	0,16	0,05	30,00	0,18	0,08	42,51
	Lavado		0,16	0,08	50,27	0,18	0,09	49,30	0,16	0,07	41,43
	Escovado		0,16	0,06	35,45	0,15	0,05	31,75	0,16	0,08	46,70
	lixado		0,06*	0,03	50,00	0,06*	0,03	50,00	0,05*	0,02	40,00
	Apicoado		0,16	0,08	46,34	0,18	0,05	28,10	0,20	0,07	35,63
Sem	Retardador de pega de Superfície	Sem chapisco	0,02*	0,02	84,50	0,03*	0,01	49,48	0,03*	0,02	58,06

* - resultados alterados pela oscilação de temperatura e umidade de cura.

A tabela C5 apresenta os resultados da análise estatística realizada.

Tabela C5 – Análise estatística ANOVA

Variável de resposta	Variáveis dependentes	Graus de liberdade	Média quadrática	F calculado	Significância
Resistência de Aderência	Concreto	2	0,036304	8,500347	Significativo
	Tratamento Superficial	6	0,038218	8,948562	Significativo
	Chapisco	1	0,175787	41,159170	Significativo
	Concreto x Trat Superf.	12	0,020261	4,743996	Significativo
	Concreto x Chapisco	2	0,018605	4,356305	Significativo
	Chapisco x Trat. Superf.	6	0,022197	5,197188	Significativo
	Conc x Trat. Sup. x Chap.	12	0,024687	5,780161	Significativo
	Erro	464	0,004271		

A seguir, apresenta-se as análises gráficas desse estudo prévio, nas figuras C5 a C7:

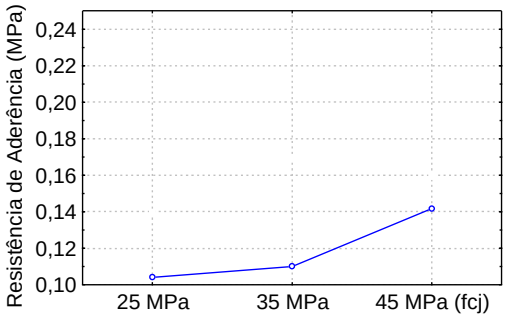


Figura C5 – Resistências de aderência em função sos níveis de resistência do concreto.

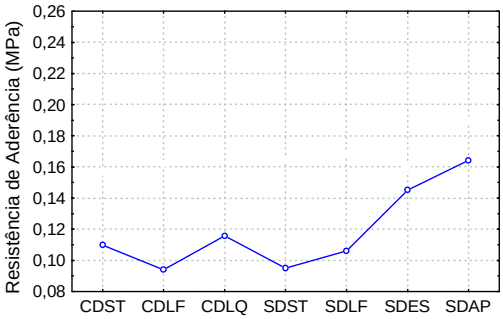


Figura C6 – Resistências de aderência em função dos tratamentos superficiais

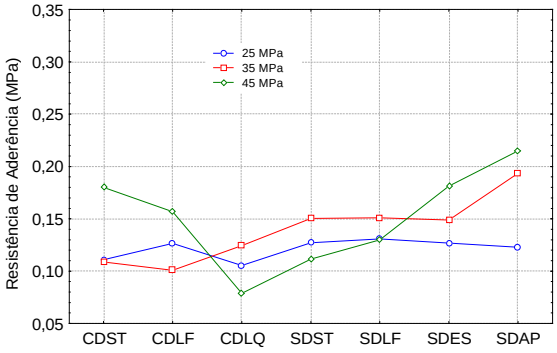


Figura C7 –Interação entre níveis de resistência do concreto e tratamento superficiais

C.3. Resultados Individuais dos Ensaios de Caracterização da Argamassas de Revestimento do Estudo Preliminar

Tabela C6 - Ensaios no Estado Fresco

densidade de massa				**teor de ar incorporado**				**retenção de água**				
mc	mv	vr	**d**	ms	mágua	dt	**A**	AF	Mse	Mma	Mf	**Ra**
1605,65	683,00	521,00	**1,77**	45,00	7,73	2,23	**21**	0,15	9,88	435,42	12,10	**95**
1607,44	683,00	521,00	**1,77**	45,00	7,73	2,23	**20**	0,15	9,83	438,99	12,93	**93**
			1,77				**21**					**94**

Tabela C7 - Ensaios no Estado Endurecido – Flexão e Compressão

Índice de consistência (mm)	**Carga Flexão (KN)**	**Tensão (MPa)**	**Média**	**Desvio Padrão**	**Coef Var**	**Carga Compressão (KN)**	**Tensão (MPa)**	**Média**	**Desvio Padrão**	**Coef Var**
233	1,04	2,44	**2,01**	**0,35**	**17,59**	8,42	5,26	**4,24**	**0,81**	**19,16**
						8,82	5,51			
	1,00	2,34				8,08	5,05			
						6,88	4,30			
	0,74	1,73				5,84	3,65			
						5,86	3,66			
	0,74	1,73				6,78	4,24			
						6,74	4,21			
	0,76	1,78				5,22	3,26			
						5,20	3,25			
233	0,72	1,69	**1,83**	**0,11**	**6,28**	5,90	3,69	**3,94**	**0,46**	**11,59**
						5,30	3,31			
	0,8	1,88				5,80	3,63			
						5,98	3,74			
	0,74	1,73				6,32	3,95			
						6,30	3,94			
	0,80	1,88				6,04	3,78			
						6,40	4,00			
	0,84	1,97				7,94	4,96			
						7,02	4,39			
244	0,84	1,97	**1,65**	**0,22**	**13,23**	7,50	4,69	**4,55**	**0,42**	**9,17**
						7,60	4,75			
	0,62	1,45				7,40	4,63			
						7,42	4,64			
	0,76	1,78				7,90	4,94			
						6,32	3,95			
	0,66	1,55				5,90	3,69			
						7,74	4,84			
	0,64	1,50				7,90	4,94			
						7,14	4,46			
220	0,44	1,03	**1,74**	**0,51**	**29,04**	8,14	5,09	**4,62**	**0,73**	**15,69**
						7,78	4,86			
	0,98	2,30				7,26	4,54			
						7,28	4,55			
	0,72	1,69				8,00	5,00			
						7,72	4,83			
	0,66	1,55				4,28	2,68			
						8,20	5,13			
	0,92	2,16				8,12	5,08			
						7,20	4,50			

Índice de consistência (mm)	Carga Flexão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var	Carga Compressão (KN)	Tensão (MPa)	Média	Desvio Padrão	Coef Var
243	0,5	1,17	**1,16**	**0,07**	**6,19**	4,50	2,81	**2,95**	**0,95**	**32,05**
						4,84	3,03			
	0,46	1,08				4,40	2,75			
						5,06	3,16			
	0,52	1,22				4,64	2,90			
						4,76	2,98			
	*	*				4,56	2,85			
						5,18	3,24			
	*	*				4,56	2,85			
						*	*			
251	0,72	1,69	**1,22**	**0,27**	**22,22**	4,86	3,04	**3,89**	**0,44**	**11,39**
						6,60	4,13			
	0,64	1,50				6,18	3,86			
						6,68	4,18			
	0,46	1,08				6,02	3,76			
						5,68	3,55			
	0,76	1,78				7,36	4,60			
						6,34	3,96			
	0,54	1,27				5,86	3,66			
						7,22	4,51			
	0,70	1,64				6,38	3,99			
						5,50	3,44			
257	0,54	1,27	**1,35**	**0,15**	**10,81**	5,08	3,18	**3,01**	**0,27**	**9,14**
						4,90	3,06			
	0,64	1,50				4,68	2,93			
						5,16	3,23			
	0,64	1,50				5,28	3,30			
						5,28	3,30			
	0,56	1,31				4,62	2,89			
						4,88	3,05			
						3,94	2,46			
						4,28	2,68			
	0,50	1,17								
260	0,96	2,25	**2,33**	**0,18**	**7,76**	8,82	5,51	**5,63**	**0,39**	**7,00**
						8,70	5,44			
	0,92	2,16				9,40	5,88			
						9,10	5,69			
	1,00	2,34				9,34	5,84			
						8,58	5,36			
	1,12	2,63				8,44	5,28			
						7,94	4,96			
	0,96	2,25				9,82	6,14			
						9,94	6,21			
257	0,66	1,55	**1,49**	**0,15**	**10,29**	6,24	3,90	**4,06**	**0,23**	**5,64**
						6,76	4,23			
	0,68	1,59				6,26	3,91			
						6,92	4,33			
	0,54	1,27				6,62	4,14			
						6,66	4,16			
	0,60	1,41				5,72	3,58			
						6,28	3,93			
	0,70	1,64				6,70	4,19			
						6,82	4,26			

* - corpo-de-prova quebrou ao ser colocado na prensa

Tabela C8 - Ensaios no Estado Endurecido – Capilaridade

Dados do ensaio				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 10 min				ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE a 90 min				COEFICIENTE DE CAPILARIDADE			
moldagem	**mi(g)**	**m10(g)**	**m90(g)**	**A10 (g/cm²)**	**A10 média (g/cm²)**	**desvio padrão**	**Coef var**	**A90 (g/cm²)**	**A90 média (g/cm²)**	**desvio padrão**	**Coef var**	**C (g/dm2 .min1/2)**	**média de C**	**desvio padrão**	**coef var**
1	420,53	425,43	433,03	0,31	**0,34**	**0,03**	**9,25**	0,78	**0,91**	**0,12**	**12,90**	7,60	**9,13**	**1,38**	**15,14**
	416,46	422,36	432,65	0,37				1,01				10,29			
	411,30	416,72	426,22	0,34				0,93				9,50			
2	417,01	422,26	431,45	0,33	**0,32**	**0,02**	**4,80**	0,90	**0,88**	**0,04**	**4,41**	9,19	**8,90**	**0,39**	**4,35**
	436,44	441,82	450,87	0,34				0,90				9,05			
	430,99	435,89	444,35	0,31				0,84				8,46			
3	410,20	414,74	422,12	0,28	**0,31**	**0,03**	**9,12**	0,75	**0,78**	**0,04**	**5,44**	7,38	**7,53**	**0,23**	**3,11**
	420,12	424,98	432,39	0,30				0,77				7,41			
	423,69	429,12	436,92	0,34				0,83				7,80			
4	409,24	416,74	430,31	0,47	**0,44**	**0,03**	**6,00**	1,32	**1,28**	**0,04**	**3,47**	13,57	**13,44**	**0,33**	**2,45**
	402,20	409,30	422,99	0,44				1,30				13,69			
	415,55	422,20	435,27	0,42				1,23				13,07			
5	417,58	422,93	435,35	0,33	**0,36**	**0,03**	**6,89**	1,11	**1,14**	**0,03**	**2,67**	12,42	**12,42**	**0,32**	**2,54**
	412,73	418,73	431,47	0,38				1,17				12,74			
	418,44	424,52	436,63	0,38				1,14				12,11			
6	406,20	412,53	425,09	0,40	**0,37**	**0,02**	**5,23**	1,18	**1,10**	**0,07**	**6,30**	12,56	**11,62**	**0,82**	**7,05**
	403,45	409,39	420,47	0,37				1,06				11,08			
	419,71	425,42	436,63	0,36				1,06				11,21			
7	419,20	423,11	430,55	0,24	**0,24**	**0,03**	**13,55**	0,71	**0,70**	**0,10**	**14,12**	7,44	**7,28**	**1,05**	**14,47**
	418,78	422,16	428,32	0,21				0,60				6,16			
	421,24	425,68	433,93	0,28				0,79				8,25			
8	421,22	426,12	435,42	0,31	**0,30**	**0,00**	**1,40**	0,89	**0,88**	**0,01**	**0,82**	9,30	**9,25**	**0,06**	**0,60**
	414,59	419,52	428,77	0,31				0,89				9,25			
	415,40	420,20	429,39	0,30				0,87				9,19			

C.4. Resultados individuais do ensaio para determinação da Resistência de Aderência

Nas tabelas que seguem foram usadas algumas convenções, a saber:

- A numeração dos prismas se deu de cima para baixo, da esquerda para a direita, sendo que por dia de ensaio foram ensaiados 72 corpos-de-prova.
- Os tipos de ruptura foram identificados da seguinte forma:
  - S/C – ruptura na interface substrato/chapisco;
  - C – ruptura no chapisco;
  - C/A – ruptura na interface chapisco/argamassa de revestimento;
  - S/A – ruptura na interface substrato/argamassa de revestimento;
  - A – ruptura na argamassa
  - F – falha na colagem da peça metálica.

-A identificação (*), representa os corpos-de-prova que romperam na nata superficial, não sendo possível medir o diâmetro do corpo-de-prova o qual foi determinado pela média dos demais corpos-de-prova da mesma face do prisma.

Os corpos-de-prova cujas cargas de ruptura estão identificadas com dois valores (por exemplo, 46 + 22 N) romperam primeiramente na nata superficial (primeiro valor, no exemplo, 46 N), sendo realizado novamente o ensaio, cujo valor de arrancamento é o segundo, no exemplo, 22 N).

Tabela C9 – Resistência de Aderência – concreto fcj 25MPa – Chapisco Convencional

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	25/08/06	25	4	53,92	0,02			100			19,08		
		26	46 + 22	54,27	0,20 + 0,09			100			19,35		
		27	7	54,66	0,03			100			18,85		
		28	7	53,97	0,03			100			20,21		
		29	45 + 20	54,03	0,19 + 0,09				100				*
		30	27 + 34	53,92	0,12 + 0,15			100			19,98		
		31	17	53,80	0,07			100			21,71		
		32	32 + 5	53,77	0,14 + 0,02			100			19,58		
		33	19 + 28	53,95	0,08 + 0,12			100			20,27		
		34	19	54,03	0,08				100				*
		35	42 + 34	54,03	0,18 + 0,15				100				*
		36	42	54,03	0,18				100		20,23		*

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	25/08/06	61	20	54,46	0,08			100			17,98		
		62	22	54,36	0,09			100			18,27		
		63	36	54,28	0,15			100			17,42		
		64	35	54,33	0,15			100			18,55		
		65	24	54,25	0,10			100					
		66	30	54,32	0,13				100				*
		67	37	54,32	0,16				100				*
		68	19	54,32	0,08				100				*
		69	31	54,16	0,13			100			19,19		
		70	18	54,32	0,08				100				*
		71	18	54,40	0,08			100			20,76		
		72	22	54,32	0,09				100				*
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco convencional	08/09/06	61	46	54,43	0,19				100				*
		62	33	54,43	0,14				100				*
		63	36	54,43	0,15				100				*
		64	16	54,53	0,07			100			21,87		
		65	26	54,43	0,11				100				*
		66	25	54,29	0,11			100			18,45		
		67	45	54,43	0,19				100				*
		68	ajuste	54,54	—			100			19,11		
		69	24	54,79	0,10			100			22,72		
		70	45	54,66	0,19			100			20,63		
		71	12	54,09	0,05			100			18,28		
		72	18	54,13	0,08			100			18,77		
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	25/08/06	1	44	54,42	0,19				100				*
		2	23	54,40	0,10			100			19,90		
		3	21	54,62	0,09			100			19,53		
		4	14	54,64	0,06			100			18,75		
		5	18	54,52	0,08			100			21,08		
		6	22	54,29	0,09			100			19,71		
		7	36	54,42	0,15				100				*
		8	ajuste	54,53	—			100			19,12		
		9	45	54,42	0,19				100				*
		10	25	54,32	0,11			100			21,60		
		11	30	54,42	0,13				100				*
		12	39	54,42	0,16				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	25/08/06	49	42	53,95	0,18				100				*
		50	30	53,95	0,13				100				*
		51	24	53,95	0,10				100				*
		52	20	53,69	0,09			100			18,87		
		53	12	53,94	0,05			100			20,33		
		54	31	53,58	0,13			100			18,51		
		55	25	53,95	0,11				100				*
		56	13	53,95	0,06				100				*
		57	26	53,98	0,11			100			19,94		
		58	19	54,04	0,08			100			19,50		
		59	19	54,16	0,08			100			20,80		
		60	33	54,26	0,14		5	95			21,07		

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco convencional	25/08/06	37	48	53,94	0,21				100				*
		38	42	54,19	0,18			100			18,72		
		39	22	53,63	0,10			100			18,83		
		40	4	53,95	0,02			100			19,90		
		41	26	53,94	0,11				100				*
		42	18	53,94	0,08				100				*
		43	19	53,94	0,08				100				*
		44	26	54,13	0,11			100			18,24		
		45	13	53,94	0,06				100				*
		46	12	53,81	0,05			100			19,16		
		47	22	53,94	0,09				100				*
		48	18	53,94	0,08				100				
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco convencional	08/12/06	13	16	55,21	0,07				100				*
		14	17	55,31	0,07		5	95			20,34		
		15	14	55,21	0,06				100				*
		16	20	55,21	0,08				100				*
		17	19	55,16	0,08		5	95			19,60		
		18	20	55,30	0,08		5	95			22,36		
		19	13	55,21	0,05		5	95			22,12		
		20	10	55,21	0,04				100				*
		21	8	55,21	0,03				100				*
		22	13	55,06	0,05		5	95			23,49		
		23	18	55,21	0,07				100				*
		24	19	55,21	0,08				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco convencional	25/08/06	13	17	54,20	0,07			100			20,64		
		14	27	54,09	0,12			100			20,18		
		15	31	54,20	0,13			100			20,76		
		16	33	54,06	0,14				100				*
		17	26	53,99	0,11			100			19,52		
		18	26	54,06	0,11				100				*
		19	7	54,03	0,03			100			19,27		
		20	8	54,14	0,03			100			18,55		
		21	37	54,06	0,16				100				*
		22	serrar	54,06	—				100				
		23	ajuste	53,77	—			100			17,77		
		24	14	54,06	0,06				100				*

Tabela C10 – Resistência de Aderência – concreto fcj 35MPa – Chapisco Convencional

combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	22/12/06	61	4	55,32	0,02	100						23,26	
		62	11	55,41	0,04	90		10			18,92	21,08	
		63	5	55,33	0,02	20		80			18,30	22,15	
		64	ajuste	55,26	—	20		80			19,68	21,80	
		65	8	55,39	0,03	30		70			18,73	21,31	
		66	10	55,24	0,04	100						22,76	
		67	3	55,27	0,01	100						21,19	
		68	6	55,33	0,02	10		90			19,18	20,65	
		69	11	54,98	0,05	100						22,13	
		70	14	55,17	0,06			100					
		71	13	55,32	0,05			100			20,41		
		72	15	55,41	0,06	95		5			19,62	23,83	

combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	22/12/06	37	corte	—	—	100						23,04	
		38	4	55,22	0,02	95		5				23,54	
		39	ajuste	—	—	100						23,41	
		40	ajuste	—	—	100						23,94	
		41	ajuste	—	—	60		40			19,31	22,14	
		42	ajuste	—	—	100						22,94	
		43	ajuste	—	—	100						23,07	
		44	2	55,26	0,01	20		80			18,99	21,08	
		45	ajuste	—	—	60		40			18,04	21,91	
		46	ajuste	—	—	100						25,63	
		47	12	54,92	0,05	50		50			18,72	19,81	
		48	8	55,30	0,03			100			19,80		
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco convencional	08/09/06	1	44	54,80	0,18			100			24,15		
		2	46	54,65	0,19				100				*
		3	38	54,65	0,16				100				*
		4	56	54,65	0,23				100				*
		5	25	54,65	0,10				100				*
		6	58	54,67	0,24			100			21,04		
		7	21	54,82	0,09			100			22,14		
		8	18	54,59	0,08			100			21,62		
		9	27	54,53	0,11			100			20,93		
		10	29	54,49	0,12			100			20,86		
		11	39	54,65	0,16				100				*
		12	34	54,65	0,14				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	04/08/06	37	38	54,69	0,16	80		20			20,80	23,05	
		38	31	54,62	0,13	80		20			19,85	22,41	
		39	66	54,85	0,27				100				*
		40	20	54,78	0,08	20		80			21,03	21,77	
		41	24	54,75	0,10	65		35			18,53	21,01	
		42	26	55,05	0,11	100						23,09	
		43	9	54,95	0,04			100			21,43		
		44	26	55,13	0,11			100			19,62		
		45	34	55,06	0,14			100			21,06		
		46	36	54,58	0,15	50		50			20,56	22,52	
		47	13	54,90	0,05			100			20,08		
		48	50	54,85	0,21				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	04/08/06	25	42	54,67	0,18				100				*
		26	36	54,54	0,15			100			20,69		
		27	14	54,19	0,06	100						23,23	
		28	43	54,67	0,18				100				*
		29	15	54,58	0,06	100						22,96	
		30	44	54,57	0,18	100						23,55	
		31	13	54,91	0,05	95		5			23,57	23,80	
		32	43	54,70	0,18	100						24,06	
		33	ajuste	54,84	—	70		30			21,02	23,61	
		34	serrar	54,67	—	100							
		35	41	55,08	0,17	55		45			20,35	25,57	
		36	42	54,67	0,18			100					*

combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco convencional	04/08/06	1	24	54,44	0,10	15		85			20,30	24,07	
		2	49	54,66	0,20	30		70			19,65	23,22	
		3	45	54,82	0,19				100				*
		4	32	55,35	0,13			100			21,01		
		5	29	54,81	0,12	5		95			19,95	21,81	
		6	43	54,68	0,18			100			22,32		
		7	33	54,96	0,14			100			22,45		
		8	26	54,80	0,11			100			20,87		
		9	25	54,86	0,10	100						23,40	
		10	49	54,82	0,20				100				*
		11	46	54,82	0,19				100				*
		12	11	54,82	0,05				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco convencional	08/12/06	37	15	55,22	0,06		5	95			24,18		
		38	17	55,20	0,07				100				*
		39	6	55,20	0,02		5	95			22,89		
		40	17	55,20	0,07				100				*
		41	7	55,35	0,03		5	95			22,28		
		42	12	55,20	0,05				100				*
		43	16	55,20	0,07				100				*
		44	15	55,11	0,06		5	95			21,75		
		45	20	55,20	0,08				100				*
		46	9	55,16	0,04		5	95			21,29		
		47	15	55,20	0,06				100				*
		48	12	55,20	0,05				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco convencional	04/08/06	49	59	54,63	0,25				100				
		50	63	54,63	0,26				100				
		51	44	54,46	0,19			100			23,37		
		52	44	54,63	0,18			100			22,04		
		53	53	54,74	0,22			100			23,16		
		54	36	54,82	0,15			100			21,50		
		55	36	54,62	0,15			100			22,65		
		56	33	54,63	0,14				100				
		57	47	54,63	0,20				100				
		58	32	54,63	0,13				100				
		59	39	54,51	0,16			100			22,92		
		60	33	54,63	0,14				100				*

Tabela C11 – Resistência de Aderência – concreto fcj 45MPa – Chapisco Convencional

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	18/08/06	37	36	55,09	0,15			95			20,62		
		38	43	55,15	0,18	40		55			16,24	21,20	
		39	42	54,89	0,17	45		50			17,98	20,27	
		40	22	54,89	0,09			100			21,09		
		41	56	54,55	0,24			100			17,92		
		42	90	54,87	0,37				100				*
		43	37	54,80	0,15	40		60			23,97	24,27	
		44	68	54,87	0,28				100				*
		45	16	54,89	0,07	80		20			21,50	22,63	
		46	16	54,77	0,07	100						25,24	
		47	31	54,77	0,13			100			22,03		
		48	78	54,89	0,32			100			24,56		

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	18/08/06	25	31	55,05	0,13			100			24,11		
		26	51	54,95	0,21			100			22,15		
		27	43	55,16	0,18			100			21,53		
		28	62	55,01	0,26			100			22,61		
		29	45	55,01	0,19			100			21,63		
		30	42	54,78	0,17	100					22,14		
		31	33	54,89	0,14			100			24,19		
		32	49	54,76	0,20	15	5	80			21,82	21,96	
		33	27	54,53	0,11		5	95			19,10		
		34	25	55,14	0,10	15		85			21,71	24,50	
		35	35	54,93	0,14	90		10			18,59	23,05	
		36	27	54,86	0,11	100						22,02	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco convencional	08/09/06	13	35	54,50	0,15			100			23,59		
		14	20	54,47	0,08			100			20,42		
		15	3	54,63	0,01			100			21,71		
		16	13	54,50	0,05			100			20,85		
		17	30	54,53	0,13				100				*
		18	17	54,64	0,07			100			22,49		
		19	ajuste	54,32	—	95		5			18,86	22,35	
		20	26	54,57	0,11			100			21,18		
		21	32	54,54	0,13			100			23,33		
		22	24	54,66	0,10			100			21,27		
		23	31	54,53	0,13				100				*
		24	ajuste	54,53	—				100				*
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	18/08/06	1	serrar	54,93	—	100						23,52	
		2	serrar	54,80	—	100						24,04	
		3	serrar	55,12	—	100						23,17	
		4	10	54,64	0,04			100			19,87		
		5	18	54,97	0,07	50		50			17,96	22,64	
		6	32	54,79	0,13	100						23,60	
		7	serrar	54,95	—	100						22,91	
		8	18	54,79	0,07	100						22,31	
		9	21	54,83	0,09		5	95			19,08		
		10	16	54,66	0,07	40	5	55			19,05	23,39	
		11	9	54,65	0,04	100						22,52	
		12	serrar	0,00	—	100							
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	18/08/09	61	ajuste	54,78	—	95		5				22,58	
		62	ajuste	54,77	—	100						21,99	
		63	52	54,73	0,22				100		18,73		*
		64	ajuste	54,53	—	100						21,40	
		65	ajuste	54,74	—	100						21,13	
		66	ajuste	54,61	—	100						23,83	
		67	50	54,88	0,21	10		90				22,42	
		68	69	54,94	0,29	5		95			19,65		
		69	27	54,87	0,11	80		20			18,27		
		70	7	54,51	0,03	100					18,51	22,73	
		71	33	54,58	0,14	15		85				24,70	
		72	38	54,81	0,16	100					20,18	22,14	

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco convencional	18/08/06	49	66	55,09	0,27				100			22,96	*
		50	49	55,05	0,20	5		95			22,31	24,76	
		51	48	55,30	0,20	5		95			22,04	25,09	
		52	45	55,00	0,19			100			21,53		
		53	28	55,07	0,12	20		80			20,07	23,80	
		54	34	55,09	0,14				100				*
		55	42	55,09	0,17				100				*
		56	76	55,09	0,31				100				*
		57	36	55,24	0,15				100		18,97		*
		58	19	54,92	0,08	5	5	90			21,29	24,91	
		59	68	55,09	0,28				100				*
		60	56	55,09	0,23				100				*
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco convencional	08/12/06	61	15	55,20	0,06				100				*
		62	12	55,20	0,05		5	95			21,25		
		63	10	55,17	0,04		5	95			22,11		
		64	12	55,24	0,05		5	95			21,68		
		65	10	55,20	0,04				100				*
		66	11	55,20	0,05				100				*
		67	13	55,16	0,05		5	95			21,34		
		68	14	55,20	0,06				100				*
		69	11	55,20	0,05				100				*
		70	22	55,08	0,09	5	5	90			23,03		
		71	16	55,38	0,07		5	95			23,17		
		72	16	55,20	0,07				100				*
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco convencional	18/08/06	13	65	55,09	0,27			100			20,45		
		14	101	55,02	0,42			100			23,08		
		15	44	54,91	0,18			100			24,58		
		16	51	55,05	0,21		20	80			22,18		
		17	17	55,17	0,07		20	80			21,23		
		18	55	55,21	0,23		20	80			21,46		
		19	40	55,27	0,16		10	90			22,45		
		20	64	55,20	0,26		5	95			20,52		
		21	31	54,89	0,13		5	95			21,00		
		22	44	55,13	0,18		5	95			18,31		
		23	75	55,24	0,31		10	90			17,79		
		24	81	55,11	0,33				100				*

Tabela C12 – Resistência de Aderência – concreto fcj 25MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	01/09/06	13	38	54,51	0,16				100				*
		14	36	54,51	0,15				100				*
		15	31	54,56	0,13			15	75		17,50	23,20	
		16	14	54,51	0,06				100				*
		17	27	54,70	0,11			100			14,87	20,88	
		18	41	54,51	0,17				100				*
		19	31	54,66	0,13			90	10		15,70	20,02	
		20	10	54,38	0,04			100			15,56	20,06	
		21	34	54,29	0,14			15	85		17,12	20,43	
		22	8	54,71	0,03			85	15		16,40	19,11	
		23	10	54,29	0,04			30	70		15,60	18,97	
		24	40	55,00	0,17				100				*

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	01/09/06	49	62	54,74	0,26				100				*
		50	53	54,69	0,22			40	60		16,12	21,13	
		51	32	54,79	0,13		20		80		17,64	20,69	
		52	46	54,74	0,19				100				*
		53	51	54,75	0,21			95	5		15,50	20,63	
		54	36	54,57	0,15			90	10		17,97	21,66	
		55	37	54,74	0,15				100				*
		56	11	55,04	0,05			90	10		15,84	20,79	
		57	14	54,63	0,06			90	10		18,22	21,78	
		58	6	54,70	0,03				100				
		59	18	54,74	0,08				100				
		60	42	54,74	0,18				100				*
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco industrializado	08/09/06	25	28	54,46	0,12			50	50		16,35		
		26	21	54,39	0,09			80	20		17,56	21,56	
		27	19	54,23	0,08		20	80			17,44	21,26	
		28	16	54,26	0,07			60	40		17,12	21,51	
		29	30	54,46	0,13		10	70	20		17,95	22,21	
		30	37	54,34	0,16				100				*
		31	50	54,34	0,21				100				*
		32	34	54,34	0,14				100				*
		33	ajuste	54,12	—			90	10		18,17	21,56	
		34	16	54,32	0,07			40	60		17,25	22,35	
		35	6	54,47	0,03			90	10		18,21	22,37	
		36	23	54,34	0,10				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	01/09/06	25	55	54,40	0,23				100				*
		26	40	54,25	0,17				100				*
		27	24	54,37	0,10			15	85		14,33		
		28	28	54,64	0,12			40	60		14,41	19,23	
		29	27	54,36	0,11				100				*
		30	38	54,34	0,16			5	95		14,81	18,00	
		31	19	54,32	0,08			40	60		13,01	19,94	
		32	54	54,36	0,23				100				*
		33	16	54,40	0,07			40	60		14,28	18,74	
		34	15	54,36	0,06				100				
		35	43	54,38	0,18			30	70		14,69	19,00	
		36	47	54,42	0,20			50	50		15,59	19,25	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	01/09/06	1	79	54,65	0,33				100				*
		2	54	54,65	0,23				100				*
		3	27	54,75	0,11			100			18,21	22,75	
		4	40	54,65	0,17				100				*
		5	49	54,78	0,20			20	80		17,40	21,93	
		6	30	54,65	0,13				100				*
		7	31	54,65	0,13				100				*
		8	29	54,65	0,12				100				*
		9	38	54,76	0,16			5	95		17,35	22,63	
		10	47	54,59	0,20			20	80		15,57	20,96	
		11	10	54,50	0,04			90	10		16,08	21,74	
		12	13	54,53	0,05				100				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco industrializado	01/09/06	61	39	54,59	0,16				100				*
		62	47	54,59	0,20				100				*
		63	41	54,59	0,17				100				*
		64	13	54,63	0,05				100				
		65	21	54,64	0,09			30	70		17,87	22,97	
		66	38	54,39	0,16				100				
		67	36	54,77	0,15		5	10	85		17,92	24,34	
		68	68	54,59	0,29				100				*
		69	39	54,59	0,16				100				*
		70	33	54,67	0,14			5	95				
		71	41	54,65	0,17			10	90		17,23	21,86	
		72	35	54,36	0,15			100			17,83	21,00	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco industrializado	08/12/06	1	13	55,20	0,05			30	70				
		2	8	55,11	0,03			30	70				
		3	16	55,17	0,07				100				
		4	11	55,13	0,05				100				
		5	14	55,16	0,06				100				*
		6	31	55,19	0,13				100				
		7	22	55,17	0,09				100				
		8	23	55,16	0,09				100				*
		9	14	55,16	0,06				100				*
		10	18	55,16	0,07				100				*
		11	8	55,16	0,03				100				*
		12	17	55,16	0,07				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco industrializado	01/09/06	37	68	54,16	0,29			50	50		15,48	20,66	
		38	32	54,05	0,14			50	50		14,25	19,35	
		39	39	53,95	0,17			50	50		13,24	19,93	
		40	44	54,12	0,19				100				*
		41	54	53,96	0,23			60	40		14,33	19,43	
		42	62	54,12	0,26				100				*
		43	14	54,44	0,06		10	20	70		13,88	19,08	
		44	10	54,00	0,04			30	70		15,39	20,26	
		45	48	54,41	0,20			20	80		14,43	18,04	
		46	23	54,03	0,10			20	80		13,39	18,91	
		47	39	54,12	0,17				100				*
		48	31	54,12	0,13				100				*

Tabela C13 – Resistência de Aderência – concreto fcj 35MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	28/07/06	49	42	54,86	0,17		10	10	80			20,89	
		50	67	54,96	0,28				100				
		51	13	54,92	0,05			10	90				
		52	52	54,95	0,22				100				*
		53	44	54,99	0,18			5	95				
		54	44	54,84	0,18			10	90			21,36	
		55	28	55,54	0,11				100				
		56	64	54,94	0,26				100				
		57	14	54,77	0,06			5	95				
		58	35	54,82	0,15			10	90				
		59	58	54,84	0,24		10	10	80				
		60	49	54,95	0,20				100				*

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	28/07/06	25	44	54,66	0,18				100				*
		26	56	54,51	0,24				100				
		27	56	54,47	0,24				100				
		28	26	54,63	0,11				100				
		29	24	54,61	0,10				100				
		30	45	54,80	0,19			60	40		18,71	23,67	
		31	38	54,61	0,16				100				
		32	35	54,82	0,15				100				
		33	59	54,66	0,25				100				*
		34	32	54,87	0,13				100				
		35	46	54,66	0,19				100				*
		36	53	54,66	0,22				100				*
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco industrializado	08/09/06	37	37	54,65	0,15		50	50			14,86	20,01	
		38	6	54,44	0,03		50	50			15,11	20,21	
		39	33	54,35	0,14				100				*
		40	7	54,44	0,03			100			14,06	19,99	
		41	8	54,52	0,03			90	10		14,80	19,49	
		42	27	54,54	0,11			90	10		15,18	19,58	
		43	39	54,35	0,16				100				*
		44	25	53,99	0,11			90	10		12,93	18,70	
		45	23	54,23	0,10			50	50		14,72	18,63	
		46	25	54,35	0,11				100				*
		47	17	54,03	0,07			80	20		16,44		
		48	28	54,35	0,12				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	28/07/06	37	26	54,72	0,11			5	95			21,14	
		38	63	54,94	0,26			5	95			20,26	
		39	41	54,65	0,17			10	90			19,29	
		40	41	54,64	0,17				100				
		41	51	54,82	0,21			20	80			21,40	
		42	32	54,91	0,13			20	80			22,63	
		43	50	54,85	0,21				100				
		44	35	54,80	0,15				100				*
		45	28	54,80	0,12				100				*
		46	47	54,80	0,20				100				*
		47	26	54,72	0,11				100				
		48	29	54,61	0,12				100				
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	28/07/06	61	57	54,69	0,24				100				
		62	40	54,44	0,17				100				
		63	37	54,39	0,16				100				
		64	4	54,50	0,02				100				
		65	43	54,65	0,18				100				
		66	52	54,54	0,22				100				*
		67	52	54,50	0,22				100				
		68	8	54,63	0,03				100				
		69	26	54,86	0,11				100				
		70	55	54,54	0,23				100				*
		71	72	54,40	0,30				100				
		72	61	54,32	0,26				100				
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco industrializado	28/07/06	1	24	54,60	0,10			100				25,50	
		2	28	54,76	0,12			10	90			24,16	
		3	36	54,70	0,15			60	40			23,87	
		4	30	54,64	0,13			5	95				
		5	31	54,61	0,13			30	70		19,39		
		6	31	54,71	0,13		20		80			24,69	
		7	36	54,78	0,15			10	90				
		8	58	54,69	0,24				100				*
		9	53	54,69	0,22				100				*
		10	19	54,69	0,08				100				
		11	39	54,80	0,16			20	80			23,87	
		12	34	54,64	0,14		5		95				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco industrializado	10/11/06	25	ajuste	55,15	—	20			80		16,34	21,20	
		26	18	55,10	0,07				100				
		27	18	55,21	0,07				100				*
		28	13	55,20	0,05				100				
		29	13	55,21	0,05				100				*
		30	22	55,21	0,09				100				*
		31	ajuste	55,32	—				100				
		32	13	55,21	0,05				100				*
		33	12	55,27	0,05	30			70				
		34	19	55,21	0,08				100				*
		35	25	55,21	0,10				100				*
		36	21	55,21	0,09				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco industrializado	28/07/06	13	61	54,64	0,26				100				*
		14	58	54,59	0,24				100				
		15	50	54,64	0,21				100				*
		16	51	54,64	0,21				100				*
		17	51	54,67	0,21			70	30			20,82	
		18	22	54,91	0,09			40	60			21,89	
		19	40	54,50	0,17			10	90			20,51	
		20	43	54,64	0,18				100				*
		21	49	54,64	0,21				100				*
		22	35	54,49	0,15			10	90			20,43	
		23	23	54,70	0,10			5	95			20,74	
		24	44	54,64	0,18				100				*

Tabela C14 – Resistência de Aderência – concreto fcj 45MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	11/08/06	37	56	54,99	0,23				100				
		38	42	54,75	0,18				100				
		39	32	54,80	0,13				100				
		40	73	54,83	0,30				100				*
		41	56	54,82	0,23				100				
		42	61	54,82	0,25				100				
		43	42	54,83	0,17				100				*
		44	24	54,83	0,10				100				*
		45	11	54,88	0,05				100				
		46	35	54,83	0,15				100				*
		47	8	54,75	0,03				100				
		48	58	54,85	0,24				100				
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	11/08/06	1	18	54,89	0,07				100				
		2	54	54,98	0,22				100				*
		3	44	54,98	0,18				100				*
		4	ajuste	54,89	—			30	70				
		5	37	55,04	0,15				100				
		6	52	54,98	0,21				100				*
		7	40	55,17	0,16				100				
		8	41	54,56	0,17				100				
		9	18	55,01	0,07				100				
		10	24	54,90	0,10			10	90			26,24	
		11	73	55,39	0,30			10	90			27,00	
		12	34	54,98	0,14			10	90			28,80	

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco industrializado	08/09/06	49	19	54,31	0,08			80	20		16,55	23,10	
		50	16	54,32	0,07			80	20		17,19	21,23	
		51	11	54,52	0,05			85	15		17,72	22,49	
		52	14	54,31	0,06			60	40		16,48	21,79	
		53	16	54,20	0,07				100				*
		54	40	54,20	0,17				100				*
		55	20	53,96	0,09			60	40		16,38	21,54	
		56	18	54,22	0,08			85	15		18,14	22,48	
		57	18	54,04	0,08			20	80		16,17	17,72	
		58	12	54,13	0,05			40	60		17,44	19,12	
		59	13	54,30	0,06			95	5		17,02	22,00	
		60	19	53,89	0,08			10	90		20,06	23,94	
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	11/08/06	49	40	54,81	0,17			30	70				
		50	38	54,70	0,16			30	70		16,09	21,59	
		51	49	54,84	0,20			15	85		15,75	21,85	
		52	13	54,64	0,05				100				
		53	46	54,74	0,19				100				*
		54	45	54,74	0,19				100				*
		55	25	54,82	0,10				100				
		56	29	54,74	0,12				100				*
		57	25	54,82	0,10				100				
		58	73	54,74	0,30				100				*
		59	68	54,74	0,28				100				*
		60	58	54,74	0,24				100				*
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	11/08/06	61	34	54,99	0,14				100				
		62	39	54,89	0,16				100				
		63	37	54,85	0,15				100				
		64	53	54,85	0,22				100				
		65	30	54,82	0,12				100				
		66	30	54,80	0,12			5	95				
		67	62	54,88	0,26				100				
		68	47	54,87	0,20				100				
		69	2	54,67	0,01				100				
		70	59	54,85	0,25				100				
		71	30	54,85	0,12				100				
		72	48	54,89	0,20				100				
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco industrializado	11/08/06	13	30	54,98	0,12				100				
		14	35	55,03	0,14				100				*
		15	48	55,03	0,20				100				*
		16	53	55,03	0,22				100				*
		17	59	55,03	0,24				100				*
		18	28	55,25	0,11				100				
		19	7	54,93	0,03				100				
		20	16	54,92	0,07				100				
		21	25	54,99	0,10				100				
		22	58	55,03	0,24				100				*
		23	62	55,16	0,25				100				
		24	55	55,03	0,23				100				*
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco industrializado	08/12/06	49	9	55,10	0,04				100				*
		50	21	55,10	0,09				100				*
		51	14	55,10	0,06				100				*
		52	ajuste	54,99	—				100				
		53	13	55,21	0,05				100				
		54	13	55,10	0,05				100				*
		55	11	55,10	0,05				100				*
		56	16	55,10	0,07				100				*
		57	12	55,10	0,05				100				*
		58	13	55,10	0,05				100				*
		59	7	55,10	0,03				100				*
		60	6	55,10	0,02				100				*

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco industrializado	11/08/06	25	38	54,93	0,16				100				
		26	44	54,80	0,18			20	80		13,50	19,90	
		27	33	55,12	0,14			15	85		14,05	18,57	
		28	35	54,96	0,14				100				
		29	40	55,05	0,16				100				
		30	48	55,05	0,20				100				*
		31	38	55,24	0,16				100				
		32	59	55,05	0,24				100				*
		33	30	55,05	0,12				100				*
		34	77	55,05	0,32				100				*
		35	48	55,23	0,20			10	90		18,92	24,70	
		36	83	55,05	0,34				100				*

Tabela C15 – Resistência de Aderência – Retardador de Pega de Superfície

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)				Espessura (mm)	Observação
						S	S/A	A	F		
Fcj – 25 MPa Retardador de Pega de Superfície	22/12/06	25	6	55,17	0,02			100			*
		26	ajuste	55,20	—		100			14,60	
		27	7	55,14	0,03		100			16,15	
		28	10	54,96	0,04		100				
		29	ajuste	55,17	—		100			15,32	
		30	ajuste	55,19	—		100			17,48	
		31	10	55,17	0,04			100			*
		32	ajuste	55,17	—		100			14,05	
		33	2	55,22	0,01		100			15,98	
		34	6	55,18	0,02		100			17,54	
		35	ajuste	55,35	—		100			16,40	
		36	10	55,10	0,04		100			15,96	
Fcj – 35 MPa Retardador de Pega de Superfície	22/12/06	13	5	54,99	0,02		100			14,76	
		14	ajuste	55,06	—		100			12,39	
		15	9	54,98	0,04		100			12,78	
		16	ajuste	55,08	—		100			14,89	
		17	15	55,11	0,06		100			16,34	
		18	6	55,34	0,02		100			18,76	
		19	7	55,38	0,03		100			18,15	
		20	9	55,12	0,04		100			17,51	
		21	6	55,27	0,02		100			19,10	
		22	10	55,20	0,04		100			16,28	
		23	3	55,27	0,01		100			15,14	
		24	9	55,12	0,04		100			16,02	
Fcj – 45 MPa Retardador de Pega de Superfície	22/12/06	1	10	55,04	0,04		100			18,85	
		2	6	55,16	0,02			100			
		3	12	55,35	0,05		100			18,70	
		4	ajuste	55,15	—		100			19,63	
		5	ajuste	55,12	—		100			17,15	
		6	8	55,30	0,03		100			18,29	
		7	2	55,12	0,01		100			21,29	
		8	ajuste	54,96	—		100			18,46	
		9	4	55,24	0,02		100			19,80	
		10	4	55,15	0,02		100				
		11	13	55,15	0,05		100			20,28	
		12	7	55,23	0,03		100			19,98	

APÊNDICE D – Resultados do ensaio para determinação da Resistência de Aderência

Nas tabelas desse apêndice foram usadas algumas convenções, a saber:

- A numeração dos prismas se deu de cima para baixo, da esquerda para a direita, sendo que por dia de ensaio foram ensaiados 72 corpos-de-prova.
- Os tipos de ruptura foram identificados da seguinte forma:
  - S/C – ruptura na interface substrato/chapisco;
  - C – ruptura no chapisco;
  - C/A – ruptura na interface chapisco/argamassa de revestimento;
  - S/A – ruptura na interface substrato/argamassa de revestimento;
  - A – ruptura na argamassa
  - F – falha na colagem da peça metálica.

- A identificação (*), representa os corpos-de-prova que romperam na nata superficial, não sendo possível medir o diâmetro do corpo-de-prova o qual foi determinado pela média dos demais corpos-de-prova da mesma face do prisma.

- Os corpos-de-prova cujas cargas de ruptura estão identificadas com dois valores (por exemplo, 46 + 22 N) romperam primeiramente na nata superficial (primeiro valor, no exemplo, 46 N), sendo realizado novamente o ensaio, cujo valor de arrancamento é o segundo, no exemplo, 22 N).

Tabela D1 – Resistência de Aderência – concreto fcj 25MPa – Chapisco Convencional

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	17/11/06	1	26	54,91	0,11	90		10			19,90	23,62	
		2	41	54,52	0,17	100						24,52	
		3	42	55,05	0,17	80		20			19,66	24,26	
		4	24	54,62	0,10	50			50		20,27	23,29	
		5	65	54,00	0,28				100				
		6	99	54,93	0,41	30		30	40		20,15	23,91	
		7	56	54,78	0,23	100						22,42	
		8	57	54,63	0,24			85	15		19,61		
		9	90	54,73	0,38			50	50		19,22		
		10	54	54,32	0,23	80		20			19,37	22,29	
		11	18	54,36	0,08	90		10			19,93	22,37	
		12	80	54,62	0,34				100				
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	17/11/06	37	65	54,46	0,27				100				
		38	41	54,58	0,17	100						21,99	
		39	45	54,36	0,19			70	30		18,80		
		40	35	54,57	0,15	100						22,02	
		41	50	54,76	0,21			100			18,85		
		42	22	55,08	0,09	100						23,92	
		43	16	54,74	0,07	95		5			19,07	22,15	
		44	79	54,77	0,33			100			16,04		
		45	44	54,97	0,18	100						23,23	
		46	47	55,03	0,19	100						21,67	
		47	26	55,14	0,11	100						22,30	
		48	131	55,17	0,54	50		50			20,81	23,69	

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco convencional	15/09/06	61	60	54,90	0,25				100				*
		62	35	54,56	0,15			100			18,25		
		63	88	54,90	0,36				100				*
		64	24	54,98	0,10			100			17,80		
		65	ao colar	54,90	—			100					
		66	62	54,90	0,26				100				*
		67	73	54,98	0,30			100			16,65		
		68	55	54,90	0,23				100				*
		69	50	54,90	0,21				100				*
		70	77	54,90	0,32				100				*
		71	6	55,01	0,02			100					
		72	47	55,09	0,19			100			21,22		
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	17/11/06	61	73	54,45	0,31	80		20			20,84	22,37	
		62	60	54,49	0,25	100						21,88	
		63	127	54,56	0,53				100				
		64	17	54,63	0,07	100						20,71	
		65	53	54,49	0,22				100				
		66	35	54,43	0,15	100						23,34	
		67	87	54,60	0,36	100						20,22	
		68	38	54,65	0,16	100						19,53	
		69	68	54,65	0,28			90	10		16,24		
		70	11	54,66	0,05	95	5					19,24	
		71	42	54,68	0,18	70		30			16,41	18,89	
		72	31	54,62	0,13	100						19,33	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	17/11/06	25	95	54,64	0,40			100			18,44		
		26	65	54,67	0,27	60		40			19,10	21,02	
		27	18	54,61	0,08	80		20			17,61	23,80	
		28	96	54,66	0,40	90	5	5			18,74	22,76	
		29	59	54,80	0,25				100				
		30	95	54,69	0,40			80	20			21,71	
		31	40	55,00	0,17			80	20		20,52		
		32	17	54,86	0,07			100			21,65		
		33	33	54,97	0,14	10		90			21,66	23,72	
		34	23	54,81	0,10	100						24,89	
		35	78	55,13	0,32	95	5					24,63	
		36	52	54,91	0,22	70		30			22,46	27,23	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco convencional	17/11/06	49	44	54,58	0,18	0		100			18,73		
		50	15	54,67	0,06	60		40			17,40	20,15	
		51	64	54,73	0,27	55		15	30			19,95	
		52	60	54,62	0,25	70		30			18,27	20,92	
		53	52	54,59	0,22	35		65			17,72	19,93	
		54	75	54,46	0,32			100			16,45		
		55	67	54,67	0,28	70		30			18,65	22,20	
		56	45	54,58	0,19	35		65			17,69	19,89	
		57	94	54,57	0,39			100			16,21		
		58	53	55,19	0,22	100						22,08	
		59	13	54,87	0,05	95			5			20,64	
		60	61	54,88	0,25	100						21,09	

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco convencional	29/09/06	1	85	54,49	0,36			100				19,72	
		2	81	54,35	0,34			70	30			18,16	
		3	42	54,65	0,18			95	5			17,42	
		4	54	54,98	0,22			60	40			18,92	
		5	77	54,65	0,32			100					
		6	80	54,70	0,33			90	10			17,94	
		7	36	54,59	0,15			95	5			16,86	
		8	46	54,90	0,19			70	30			19,50	
		9	46	54,74	0,19			80	20			19,37	
		10	69	54,50	0,29				100				
		11	75	54,65	0,31				100				
		12	72	54,65	0,30				100				*(20%)
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco convencional	17/11/06	13	118	54,93	0,49			100			24,49		
		14	135	54,47	0,57				100				
		15	120	54,70	0,50				100				
		16	62	54,61	0,26			95	5		24,00		
		17	53	54,80	0,22			100			22,78		
		18	46	54,73	0,19				100				*
		19	50	55,01	0,21			100			23,90		
		20	108	54,11	0,46				100				
		21	36	55,08	0,15			100			21,92		
		22	60	54,77	0,25			100			23,55		
		23	57	54,64	0,24				100				
		24	80	54,89	0,33			100			21,28		

Tabela D2 – Resistência de Aderência – concreto fcj 35MPa – Chapisco Convencional

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	10/11/06	61	22	54,39	0,09			100			19,24		
		62	43	54,52	0,18	90		10			18,63	22,64	
		63	37	54,38	0,16	100						24,57	
		64	89	54,34	0,38	50		50			19,41	22,39	
		65	49	54,58	0,21			100			19,79		
		66	0	54,67	0,00	65		35			19,53	23,76	
		67	26	54,56	0,11			100			19,40		
		68	37	54,55	0,16	100					20,45	23,47	
		69	79	54,63	0,33	70		30			20,55	25,44	
		70	72	54,83	0,30				100				
		71	85	54,79	0,35				100				
		72	79	54,77	0,33	60		40			20,18	24,80	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	10/11/06	25	72	54,73	0,30	50		50			19,00	21,94	
		26	86	54,53	0,36	70		30			18,40	19,54	
		27	90	54,81	0,37				100				*
		28	94	54,95	0,39	5		95			21,19		
		29		54,81						100			
		30	56	54,74	0,23			100					
		31	36	54,98	0,15	100						26,06	
		32	37	55,01	0,15	55		45			20,54	23,86	
		33	71	55,17	0,29		5	95			19,87		
		34	112	54,81	0,47				100				
		35	73	54,62	0,31			100			22,77		
		36	59	54,55	0,25				100				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco convencional	15/09/06	25	45	54,68	0,19			100			19,07		
		26	43	54,50	0,18				100				*
		27	22	54,92	0,09			100			19,84		
		28	15	54,60	0,06			100			20,41		
		29	56	54,90	0,23			100			19,21		
		30	33	54,50	0,14				100				*
		31	25	54,71	0,10			100			17,96		
		32	23	54,71	0,10			100			17,05		
		33	7	55,09	0,03			100			19,27		
		34	35	54,70	0,15			100			17,80		
		35	34	54,50	0,14				100				*
		36	43	54,90	0,18			100			18,92		
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	10/11/06	73	23	54,41	0,10	50		50			18,95	22,92	
		74	37	54,67	0,15			100			20,10		
		75	61	54,55	0,26	80		20			21,34	26,25	
		76	60	54,57	0,25	20		80			17,76	23,34	
		77	4	54,63	0,02	20		80			19,46	21,94	
		78	36	54,72	0,15			100			20,92		
		79	57	54,62	0,24	55		45			18,01	21,32	
		80	30	54,63	0,13	5		95			18,48		
		81	26	54,68	0,11	75		25			18,13	22,29	
		82	57	54,57	0,24	50		50			18,78	21,20	
		83	64	54,46	0,27	95		5			17,51	19,50	
		84	73	54,59	0,31				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	10/11/06	85	49	54,54	0,21	100					20,11	22,57	
		86	47	54,44	0,20			100			17,28		
		87	84	54,62	0,35				100				*
		88	31	54,52	0,13	95		5			18,75	22,58	
		89	36	54,86	0,15	45		55			18,21	21,00	
		90	53	54,78	0,22			100			21,04		
		91	24	54,64	0,10	80		20			17,15	20,88	
		92	61	54,79	0,25				100				
		93	68	54,81	0,28	40		60			18,80	23,74	
		94	62	54,50	0,26	90		10					
		95	25	54,35	0,11			70	30				
		96	70	54,62	0,29				100				*
Fcj – Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco convencional 35	10/11/06	13	104	54,60	0,44			100			17,97		
		14	50	54,79	0,21				100				*
		15	82	54,70	0,34	10		90			19,62	24,06	
		16	44	54,48	0,19	55		45			20,31	24,64	
		17	37	54,67	0,15	95		5			20,94	22,72	
		18	35	54,98	0,14	20		80			20,68	23,16	
		19	16	54,36	0,07	5		95					
		20	41	54,81	0,17			100					
		21	41	54,99	0,17	5		95			20,50	25,56	
		22	106	54,92	0,44	5		95			22,47	25,36	
		23	98	54,79	0,41				100				*
		24	75	55,43	0,30	5		80			20,54	26,67	

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco convencional	29/09/06	13	78	54,73	0,33			70	30		20,42		
		14	53	55,07	0,22			60	40		19,42		
		15	128	54,82	0,53				100				
		16	72	55,27	0,29				100				
		17	35	55,01	0,14			90	10		18,29		
		18	85	54,81	0,35			90	10		19,30		
		19	ajuste	55,03	—			40	60		17,82		
		20	79	54,71	0,33			5	95		14,43		
		21	86	54,74	0,36			70	30		18,69		
		22	55	54,82	0,23				100				
		23	59	54,47	0,25			70	30		18,86		
		24	35	54,42	0,15			70	30		18,83		
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco convencional	10/11/06	1	37	54,95	0,15	30	10	60					
		2	31	54,77	0,13				100				*
		3	77	54,77	0,32				100				*
		4	30	54,65	0,13			80	20		21,74		
		5	69	54,90	0,29			100			22,48		
		6	101	54,77	0,42				100				*
		7	49	54,77	0,20				100				*
		8	61	54,42	0,26	100					22,89	24,41	
		9	42	54,77	0,17				100				*
		10	122	54,85	0,51		10	90			20,53		
		11	55	54,77	0,23				100				*
		12	22	54,91	0,09		5	95			24,08		

Tabela D3 – Resistência de Aderência – concreto fcj 45MPa – Chapisco Convencional

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	06/10/06	61	34	54,46	0,14			70	30		19,65		
		62	13	54,47	0,05			95	5		22,40		
		63	34	54,53	0,14			100			18,97		
		64	25	54,64	0,10			80	20		22,24		
		65	37	54,54	0,16			100			20,26		
		66	64	54,44	0,27			100			20,93		
		67	29	54,65	0,12			90	10		19,10		
		68	88	54,43	0,37			100			18,01		
		69	68	54,15	0,29			100			18,76		
		70	22	54,72	0,09			100			21,05		
		71	36	54,53	0,15			100			21,11		
		72	13	54,72	0,05			100			21,44		
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	06/10/06	25	23	54,43	0,10			100			21,05		
		26	76	54,63	0,32			100			19,07		
		27	23	54,61	0,10			100			22,47		
		28	29	54,16	0,12			100			21,51		
		29	41	54,51	0,17			100			21,42		
		30	43	54,28	0,18			85	15		18,83		
		31	49	54,47	0,21			95	5		21,32		
		32	52	54,27	0,22	5		95			19,19	23,18	
		33	30	53,66	0,13			100			20,63		
		34	ajuste	54,10	—			100			18,81		
		35	32	54,25	0,14			95	5		19,90		
		36	11	54,35	0,05			100			21,32		

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem chapisco	Com chapisco	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco convencional	15/09/06	13	54	54,55	0,23	95		5			17,61	20,98	
		14	21	54,45	0,09		2	98			17,61		
		15	20	54,56	0,08			100					
		16	19	54,86	0,08			100			15,26		
		17	15	54,37	0,06			100			18,62		
		18	21	55,11	0,09			100			19,94		
		19	23	54,72	0,10			100			17,63		
		20	25	54,84	0,10			100			18,32		
		21	36	54,83	0,15			100			18,27		
		22	58	54,70	0,24				100				*
		23	38	54,86	0,16			100			20,50		
		24	52	54,70	0,22				100				*
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco convencional	06/10/06	1	65	54,50	0,27				100				
		2	73	55,05	0,30				100				
		3	51	54,47	0,21			100			20,30		
		4	49	54,36	0,21			30	70		19,60		
		5	42	54,71	0,18		10	90			19,07		
		6	73	54,31	0,31			100			19,02		
		7	20	54,37	0,08			100			18,12		
		8	12	54,48	0,05			100			16,94		
		9	59	54,30	0,25			100			18,87		
		10	46	54,56	0,19			100			20,66		
		11	72	54,30	0,31			100			18,84		
		12	50	54,62	0,21			100			20,19		
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco convencional	06/10/06	49	57	54,53	0,24			100			19,83		
		50	46	54,68	0,19			100			20,04		
		51	55	54,45	0,23			95	5		20,32		
		52	34	54,66	0,14			100			17,89		
		53	47	54,71	0,20			100			19,43		
		54	56	54,66	0,23			100			21,10		
		55	35	54,44	0,15			100			18,22		
		56	52	54,47	0,22			50	50		15,08		
		57	7	54,55	0,03			100			19,69		
		58	31	54,71	0,13			100			18,93		
		59	10	54,38	0,04			100			18,39		
		60	41	54,54	0,17			100			19,18		
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco convencional	06/10/06	37	7	54,30	0,03			100			21,92		
		38	11	54,76	0,05			100			21,36		
		39	37	54,66	0,15			100			22,91		
		40	38	54,26	0,16			100			22,54		
		41	52	54,31	0,22				100				*
		42	12	54,39	0,05			100			19,13		
		43	20	54,04	0,09			100			21,67		
		44	20	54,47	0,08			100			19,18		
		45	33	54,19	0,14			95	5		19,11		
		46	50	53,71	0,22			40	60		19,27		
		47	23	54,31	0,10				100				*
		48	25	54,31	0,11				100				*

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco convencional	29/09/06	37	70	54,91	0,29			20	80		19,70		
		38	95	54,78	0,40			90	10		19,11		
		39	59	54,89	0,24			95	5		18,12		
		40	61	54,92	0,25				100				
		41	57	54,88	0,24			95	5		21,25		
		42	100	55,05	0,41			60	40		19,35		
		43	62	54,86	0,26			95	5		18,43		
		44	42	54,95	0,17			95	5		17,91		
		45	22	55,01	0,09			95	5		19,72		
		46	39	55,14	0,16			95	5		17,90		
		47	30	54,83	0,12			90	10		16,65		
		48	37	54,98	0,15			90	10		20,73		
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco convencional	06/10/06	13	17	53,87	0,07			100			19,19		
		14	57	54,61	0,24			90	10		18,13		
		15	33	54,53	0,14			100			20,14		
		16	48	54,15	0,20			100			21,18		
		17	41	54,19	0,17			100			18,86		
		18	42	54,45	0,18			100			20,48		
		19	59	54,38	0,25			100			20,19		
		20	66	54,59	0,28			100			22,19		
		21	32	54,39	0,14				100				*(90)
		22	15	54,56	0,06			100			21,49		
		23	12	54,61	0,05			100			21,50		
		24	21	54,39	0,09				100				*(70)

Tabela D4 – Resistência de Aderência – concreto fcj 25MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	01/12/06	13	21	55,21	0,09			10	90				
		14	10	55,14	0,04			10	90				
		15	12	55,15	0,05				100				*
		16	12	55,11	0,05			5	95				
		17	17	55,15	0,07				100				*
		18	12	55,15	0,05				100				*
		19	8	55,19	0,03			20	80				
		20	8	55,15	0,03			10	90				
		21	19	55,15	0,08				100				*
		22	12	55,12	0,05			20	80				
		23	11	55,15	0,05				100				*
		24	21	55,14	0,09			20	80				
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	01/12/06	49	26	55,23	0,11			10	90		16,29		
		50	26	55,08	0,11				100				
		51	14	55,01	0,06	10		10	80		17,01	21,94	
		52	19	54,94	0,08			10	90				
		53	9	55,08	0,04			20	80				
		54	23	55,13	0,09			10	90				
		55	17	55,31	0,07				100				
		56	2	55,02	0,01			20	80				
		57	20	55,08	0,08				100				*
		58	15	55,22	0,06				100				
		59	8	55,08	0,03				100				*
		60	15	54,82	0,06				100				

Tabela D4 – Resistência de Aderência – concreto fcj 25MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 25 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco industrializado	15/09/06	1	62	54,42	0,26				100				
		2	82	54,07	0,35				100				
		3	73	54,67	0,31				100				
		4	74	54,50	0,31				100				*
		5	76	54,71	0,32				100				
		6	53	54,82	0,22				100				
		7	97	54,85	0,40				100				
		8	35	54,92	0,14				100				
		9	70	55,00	0,29				100				
		10	37	54,50	0,16				100				*
		11	28	54,90	0,12				100				
		12	69	54,50	0,29				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	01/12/06	1	13	55,21	0,05				100				*
		2	17	55,12	0,07			30	70		17,37		
		3	13	55,18	0,05			20	80				
		4	ajuste	55,23	—				100				
		5	9	55,26	0,04			10	90				
		6	4	55,06	0,02			10	90				
		7	16	55,21	0,07				100				*
		8	7	55,21	0,03				70	30			*
		9	15	55,16	0,06			20	80				
		10	9	55,45	0,04			10	90				
		11	7	55,21	0,03				95	5			*
		12	13	55,21	0,05				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	01/12/06	61	30	55,07	0,12			30	70		17,28		
		62	19	55,01	0,08			20	80		16,28	20,67	
		63	15	55,08	0,06				100				
		64	25	55,00	0,10				100				*(30)
		65	7	54,93	0,03				100				
		66	15	55,00	0,06				95	5			*
		67	16	55,04	0,07			30	70				
		68	18	54,90	0,07			30	70				
		69	18	54,87	0,07				100				
		70	9	55,11	0,04				100				
		71	14	55,00	0,06				100				*
		72	12	55,00	0,05				100				*
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco industrializado	01/12/06	37	21	55,01	0,09			10	90		17,80		
		38	24	54,77	0,10				100				
		39	23	54,87	0,10	10		20	70		17,98		
		40	6	55,03	0,02			20	80		16,84		
		41	16	55,21	0,07				100				
		42	14	55,03	0,06			10	90		18,12		
		43	20	54,56	0,08				100				
		44	17	54,90	0,07				100				*
		45	15	54,75	0,06				100				
		46	16	54,90	0,07				100				*(40)
		47	8	54,90	0,03				100				*
		48	13	54,90	0,05				100				*

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco industrializado	29/09/06	49	88	54,91	0,36				100				
		50	34	54,96	0,14				100				
		51	46	54,89	0,19				100				
		52	95	54,82	0,39				100				*
		53	84	54,89	0,35				100				
		54	128	54,82	0,53				100				*
		55	76	54,28	0,32				100				
		56	66	54,82	0,27				100				*
		57	107	54,91	0,44				100				
		58	89	54,85	0,37				100				
		59	106	54,81	0,44				100				
		60	93	54,92	0,39				100				
Fcj – 25 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco industrializado	01/12/06	25	12	54,84	0,05				100				
		26	20	54,97	0,08			20	80				
		27	17	54,95	0,07				100				*
		28	17	54,79	0,07				100				
		29	18	54,82	0,07			20	80		16,64		
		30	22	55,01	0,09				100				
		31	10	54,79	0,04				100				
		32	15	55,13	0,06			20	80		17,29		
		33	6	54,95	0,02				100				*
		34	24	55,14	0,10				100				
		35	8	54,84	0,03				100				
		36	12	55,22	0,05			20	80				

Tabela D5 – Resistência de Aderência – concreto fcj 35MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	03/11/06	1	103	54,87	0,43				100				
		2	45	55,02	0,19				100				
		3	66	54,90	0,27				100				
		4	17	54,61	0,07				100				
		5	102	54,97	0,42				100				
		6	74	54,75	0,31			30	70				
		7	54	54,76	0,22				100				
		8	42	54,66	0,18				100				
		9	65	54,97	0,27				100				
		10	70	54,84	0,29				100				*
		11	84	54,94	0,35				100				
		12	70	54,83	0,29				100				
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	10/11/06	49	59	54,62	0,25		15	35	50		19,35	23,84	
		50	92	54,64	0,38				100				*
		51	79	54,64	0,33				10				*
		52	63	54,69	0,26				100				
		53	85	54,64	0,36				100				*
		54	63	54,64	0,26				100				*
		55	59	54,53	0,25				100				
		56	72	54,64	0,30				100				*
		57	67	54,55	0,28		5	15	80		20,31	23,93	
		58	64	54,96	0,26				100				
		59	62	54,64	0,26				100				*
		60	95	54,52	0,40				100				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 35 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco industrializado	15/09/06	37	37	54,33	0,16				100				
		38	32	54,53	0,13				100				
		39	33	54,30	0,14				100				*
		40	30	54,30	0,13				100				*
		41	21	54,30	0,09				100				
		42	9	54,70	0,04				100				
		43	4	54,34	0,02				100				
		44	35	54,30	0,15				100				*
		45	8	54,68	0,03				100				
		46	40	54,30	0,17				100				*
		47	27	54,46	0,11				100				
		48	26	54,30	0,11				100				*
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	22/12/06	73	21	55,16	0,09				100				*
		74	14	55,17	0,06				100				
		75	8	54,92	0,03			10	90			21,66	
		76	6	55,11	0,02				100				
		77	9	55,15	0,04				100				
		78	11	55,05	0,05			10	90				
		79	11	55,42	0,04				100				
		80	11	55,17	0,05				100				
		81	12	55,13	0,05			50	50		15,93	20,23	
		82	17	55,30	0,07				100				
		83	15	55,18	0,06				100				
		84	12	55,14	0,05				95				
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	22/12/06	49	23	55,24	0,09			5	100				
		50	18	55,52	0,07				100				
		51	20	54,78	0,08				100				
		52	12	55,20	0,05				100				
		53	8	55,27	0,03				100				
		54	14	55,24	0,06				100				
		55	15	54,90	0,06				100				
		56	18	55,41	0,07				100				
		57	13	55,09	0,05				100				
		58	11	55,19	0,05				100				
		59	12	55,34	0,05				100				
		60	12	55,13	0,05				100				
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco industrializado	03/11/06	37	39	54,88	0,16				100				
		38	60	54,99	0,25			15	85		19,36	23,44	
		39	65	55,17	0,27				100				
		40	46	54,95	0,19				100				
		41	62	55,07	0,26				100				
		42	42	54,85	0,17				100				
		43	73	55,29	0,30				100				
		44	44	54,93	0,18				100				
		45	26	54,94	0,11			10	90			22,15	
		46	68	54,82	0,28				100				
		47	111	55,11	0,46				100				
		48	125	55,22	0,51				100				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Lixado Chapisco industrializado	29/09/06	61	126	54,87	0,52				100				
		62	34	54,87	0,14				100				
		63	95	54,84	0,39				100				
		64	84	55,14	0,35				100				
		65	52	54,89	0,22				100				
		66	51	54,99	0,21				100				
		67	52	54,96	0,22				100				
		68	ajuste	55,16	—				100				
		69	13	55,20	0,05				100				
		70	69	54,83	0,29				100				
		71	87	54,98	0,36				100				
		72	102	54,99	0,42				100				
Fcj – 35 MPa Sem desmoldante Apicoado Chapisco industrializado	03/11/06	13	81	54,77	0,34				100				
		14	97	54,85	0,40				100				
		15	78	54,68	0,33				100				
		16	98	54,76	0,41				100				
		17	71	54,70	0,30				100				
		18	94	54,68	0,39			10	90				
		19	43	54,44	0,18				100				
		20	57	54,78	0,24				100				
		21	45	54,62	0,19				100				
		22	91	54,88	0,38				100				
		23	71	54,84	0,29				100				
		24	93	54,80	0,39			15	85			23,85	

Tabela D6 – Resistência de Aderência – concreto fcj 45MPa – Chapisco Industrializado

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	13/10/06	25	26	53,63	0,11				100				
		26	30	54,14	0,13				100				
		27	13	53,79	0,06				100				
		28	24	53,77	0,10				100				
		29	31	53,77	0,13				100				
		30	20	54,01	0,09				100				
		31	19	53,77	0,08				100				*
		32	47	53,77	0,20				100				*
		33	21	53,85	0,09			20	80				
		34	29	53,56	0,13				100				
		35	28	53,77	0,12				100				
		36	26	53,42	0,11				100				
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	13/10/06	61	14	54,10	0,06				100				
		62	3	54,58	0,01				100				
		63	33	54,66	0,14				100				
		64	42	53,90	0,18				100				
		65	42	54,27	0,18				100				
		66	47	54,36	0,20				100				
		67	ajuste	54,18	—				100				
		68	53	54,34	0,22				100				
		69	ajuste	54,95	—				100				
		70	32	54,50	0,13				100				
		71	16	53,83	0,07				100				
		72	33	54,62	0,14				100				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Com desmoldante Lavado quente Chapisco industrializado	15/09/06	49	35	54,50	0,15				100				*
		50	27	54,52	0,11			20	80				
		51	55	54,50	0,23				100				*
		52	38	54,67	0,16				100				
		53	31	54,57	0,13			20	80				
		54	13	54,71	0,05				100				
		55	72	54,50	0,30				100				*
		56	27	54,50	0,11				100				*
		57	29	54,50	0,12				100				*
		58	55	54,50	0,23				100				*
		59	26	54,54	0,11	10			90			21,53	
		60	50	54,64	0,21	10			90				
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante sem tratamento Chapisco industrializado	13/10/06	1	23	54,22	0,10				100				
		2	27	54,37	0,11				100				
		3	46	54,32	0,19				100				
		4	6	54,52	0,03				100				
		5	46	54,23	0,20				100				
		6	47	54,32	0,20				100				
		7	33	54,60	0,14				100				
		8	ajuste	54,41	—				100				
		9	4	53,81	0,02				100				
		10	14	54,49	0,06				100				
		11	62	54,37	0,26				100				
		12	54	54,19	0,23				100				
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lavado frio Chapisco industrializado	13/10/06	49	19	54,15	0,08				100				
		50	ajuste	54,07	—				100				
		51	23	54,38	0,10				100				
		52	54	54,36	0,23				100				
		53	28	54,39	0,12				100				
		54	30	54,36	0,13				100				*
		55	58	54,67	0,24				100				
		56	25	54,50	0,11				100				
		57	57	54,38	0,24				100				
		58	50	54,74	0,21				100				
		59	41	53,95	0,18				100				
		60	Ajuste	54,40	0,00				100				
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Escovado Chapisco industrializado	13/10/06	37	16	54,17	0,07				100				
		38	39	54,24	0,17				100				
		39	36	53,87	0,16				100				*(30)
		40	32	54,21	0,14				100				
		41	19	53,59	0,08				100				
		42	14	53,31	0,06				100				
		43	32	53,87	0,14				100				
		44	39	53,87	0,17				100				
		45	31	53,87	0,13				100				*
		46	39	53,87	0,17				100				
		47	17	53,46	0,07				100				
		48	20	54,09	0,09				100				

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Espessura (mm)		Observação
						S/C	C	C/A	A	F	Sem dente	Com dente	
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Lixado Chanisco industrializado	29/09/06	25	127	54,67	0,53				100				*
		26	13	54,78	0,05				100				
		27	67	54,66	0,28				100				
		28	63	54,62	0,26				100				
		29	33	54,88	0,14				100				
		30	54	54,91	0,22				100				
		31	88	54,67	0,37				100				*
		32	80	54,85	0,33				100				
		33	68	54,67	0,00				100				*
		34	70	54,44	0,30				100				
		35	ajuste	54,30	—				100				
		36	91	54,61	0,38				100				
Fcj – 45 MPa Sem desmoldante Apicoado Chanisco industrializado	13/10/06	13	23	54,52	0,10				100				
		14	29	54,26	0,12				100				
		15	55	54,03	0,24				100				*
		16	ajuste	53,90	—				100				
		17	45	54,03	0,19				100				
		18	53	54,03	0,23				100				*(40)
		19	31	53,75	0,13				100				
		20	20	54,03	0,09				100				
		21	10	53,88	0,04			15	85				
		22	40	54,03	0,17				100				
		23	36	53,91	0,15				100				
		24	30	54,03	0,13				100				*

Tabela D7 – Resistência de Aderência – Retardador de Pega de Superfície

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)				Espessura (mm)	Observação
						S	S/A	A	F		
Fcj – 25 MPa Retardador de Pega de Superfície	27/10/06	37	16	53,71	0,07		60	40		13,07	
		38	10	53,19	0,04		50	50		13,10	
		39	ajuste	53,61	—		100			16,58	
		40	9	52,60	0,04		40	60		14,55	
		41	7	53,98	0,03		60	40		14,81	
		42	15	52,82	0,07		50	50		15,14	
		43	ajuste	54,01	—		50	50		15,63	
		44	ajuste	53,17	—		80	20		13,87	
		45	ajuste	53,64	—		95	5		15,46	
		46	ajuste	52,28	—		70	30		16,47	
		47	ajuste	53,58	—		90	10		13,94	
		48	ajuste	53,82	—		90	10		17,89	
	27/10/06	1	15	53,57	0,07		20	80		15,54	
		2	30	53,87	0,13		40	60		13,93	
		3	16	53,61	0,07		40	60		16,72	
		4	27	53,27	0,12		50	50		19,05	
		5	21	54,20	0,09		40	60		16,56	
		6	36	53,87	0,15		75	25		18,76	
		7	8	53,73	0,03		90	10		20,66	
		8	25	54,07	0,11		20	80		17,65	
		9	17	53,50	0,07		80	20		19,15	
		10	39	54,10	0,17		20	80		22,79	
		11	48	53,92	0,21		80	20		20,67	
		12	27	53,82	0,12		40	60		21,06	

Combinação de variáveis	Data do ensaio	Corpo-de-prova nº.	Carga (N)	Diâmetro da Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)				Espessura (mm)	Observação
						S	S/A	A	F		
Fcj – 35 Mpa Retardador de Pega de Superfície	27/10/06	13	ajuste	52,76	—		85	15		14,64	
		14	16	53,86	0,07		90	10		14,08	
		15	9	53,41	0,04		95	5		17,73	
		16	ajuste	53,17	—		100			13,92	
		17	ajuste	53,55	—		70	30		13,07	
		18	13	53,66	0,06		80	20		16,62	
		19	7	53,09	0,03		30	70		12,64	
		20	ajuste	53,73	—		50	50		12,90	
		21	29	53,55	0,13		80	20		15,96	
		22	21	52,42	0,10		90	10		12,60	
		23	9	53,31	0,04			100			
		24	35	53,21	0,15		60	40		19,07	
	27/10/06	49	13	49	0,06		90	10		15,03	
		50	13	50	0,06		100			12,63	
		51	10	51	0,04		95	5		15,22	
		52	ajuste	52	—		95	5		14,43	
		53	11	53	0,05		95	5		13,84	
		54	ajuste	54	—		85	15		17,43	
		55	35	55	0,15		70	30		16,56	
		56	ajuste	56	—		80	20		14,64	
		57	28	57	0,12		100			16,67	
		58	27	58	0,12		100			16,97	
		59	28	59	0,12		100			19,10	
		60	31	60	0,14		50	50		22,65	
Fcj – 45 Mpa Retardador de Pega de Superfície	27/10/06	25	27	53,43	0,12		100			17,84	
		26	ajuste	quebrou	—		100			14,74	
		27	ajuste	53,80	—		95	5		19,69	
		28	ajuste	52,90	—		95	5		15,60	
		29	ajuste	53,15	—		95	5		14,22	
		30	10	53,54	0,04		95	5		17,24	
		31	19	53,19	0,08		100			14,97	
		32	5	53,07	0,02		90	10		15,06	
		33	ajuste	53,69	—		90	10		15,44	
		34	20	53,23	0,09		100			17,01	
		35	2	52,56	0,01		80	20		15,99	
		36	14	52,92	0,06		100			18,24	
	27/10/06	61	12	53,46	0,05		85	15		18,90	
		62	13	53,29	0,06		100			14,94	
		63	ajuste	53,15	—		100			16,20	
		64	12	53,27	0,05		100			14,92	
		65	13	53,08	0,06		100			13,86	
		66	ajuste	53,43	—		100			16,86	
		67	ajuste	53,79	—		100			14,70	
		68	8	53,79	0,03		100			15,56	
		69	serrar	54,32	—		70	30		16,77	
		70	serrar	53,13	—		100			14,65	
		71	12	53,62	0,05		100			15,14	
		72	14	54,18	0,06		100			19,45	

APÊNDICE E – Imagens dos perfis de rugosidade

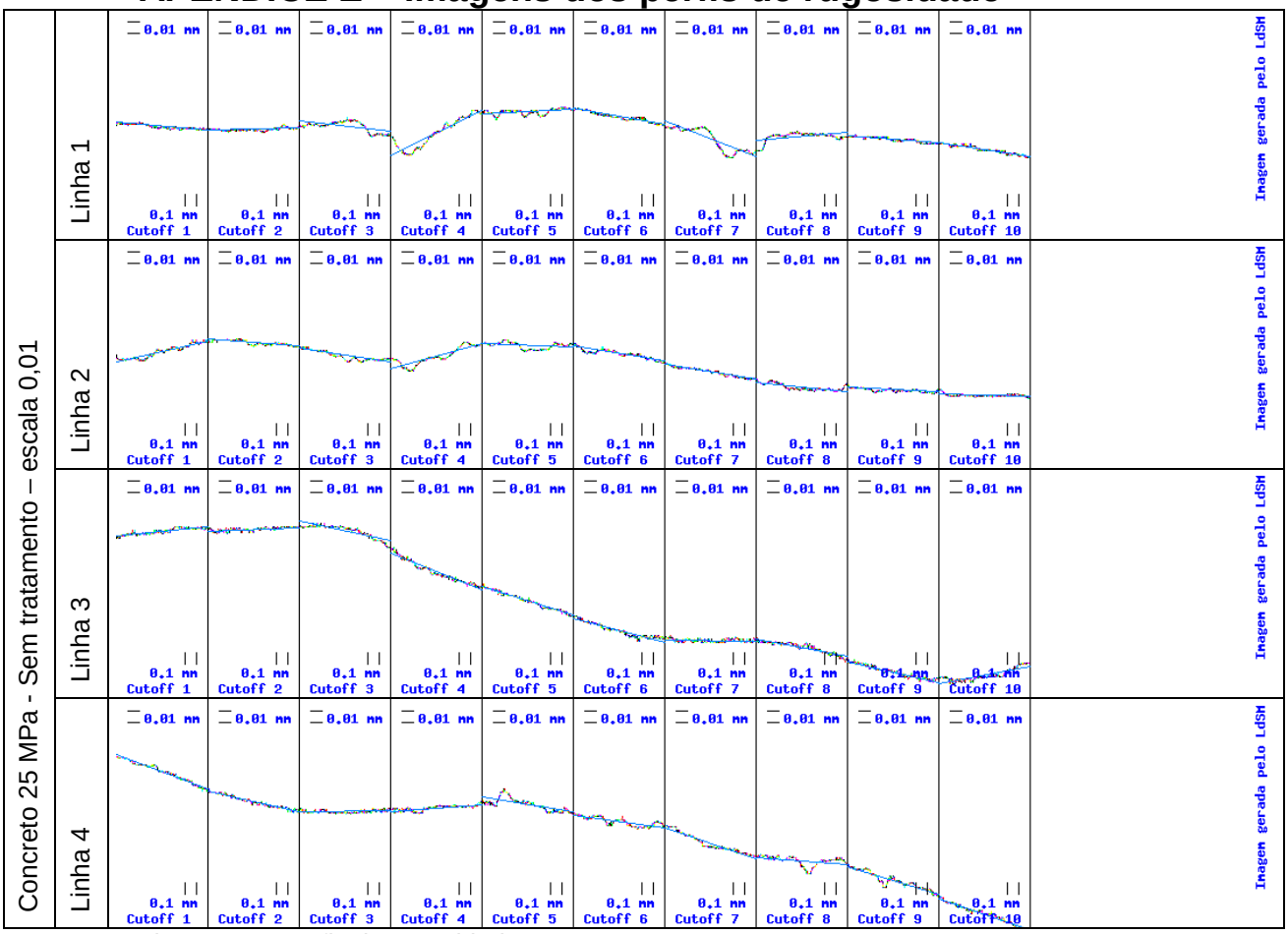


Figura E1 – Perfis de rugosidade para o concreto 25 MPa, sem tratamento

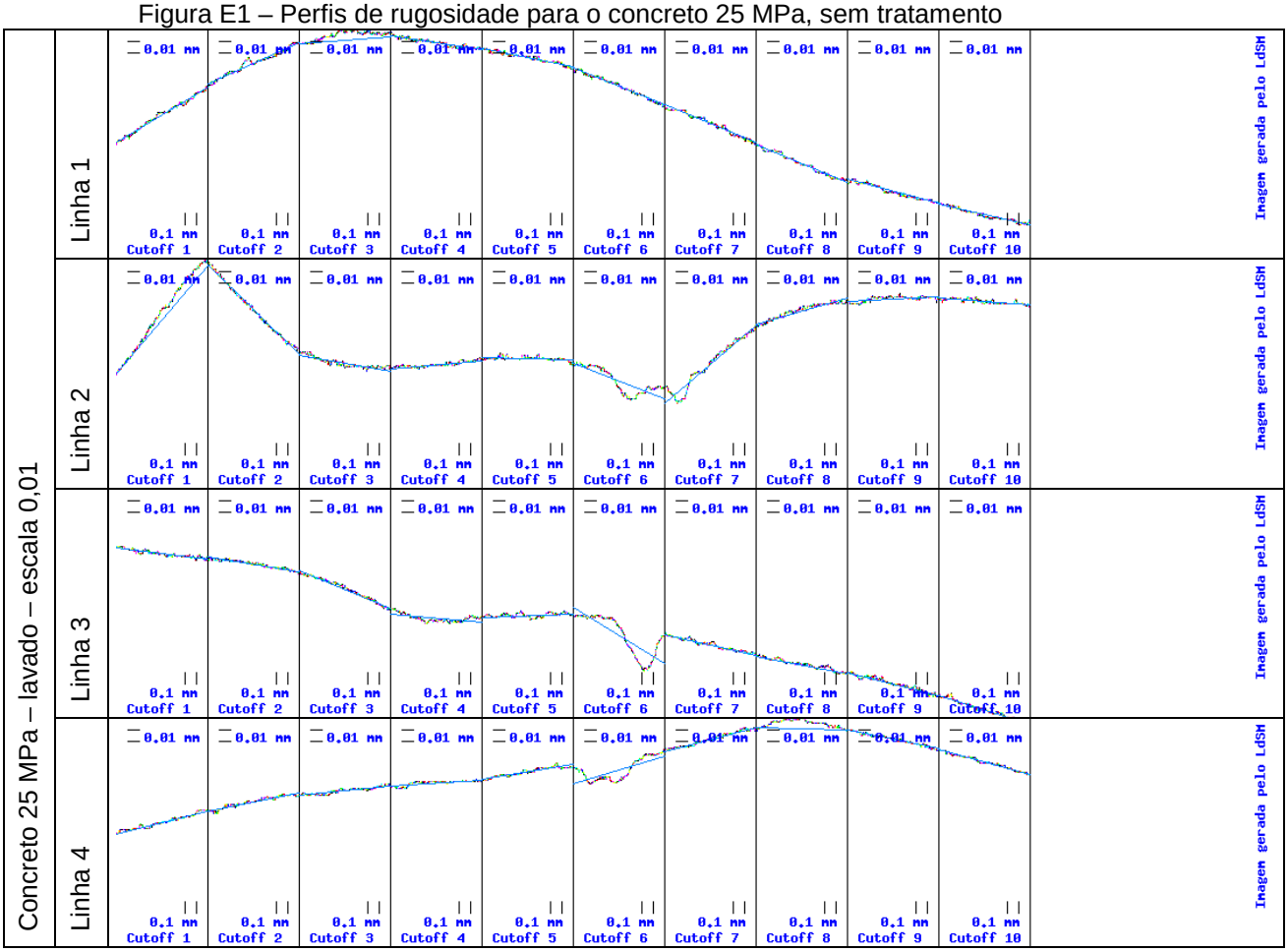


Figura E2 – Perfis de rugosidade para o concreto 25 MPa, lavado

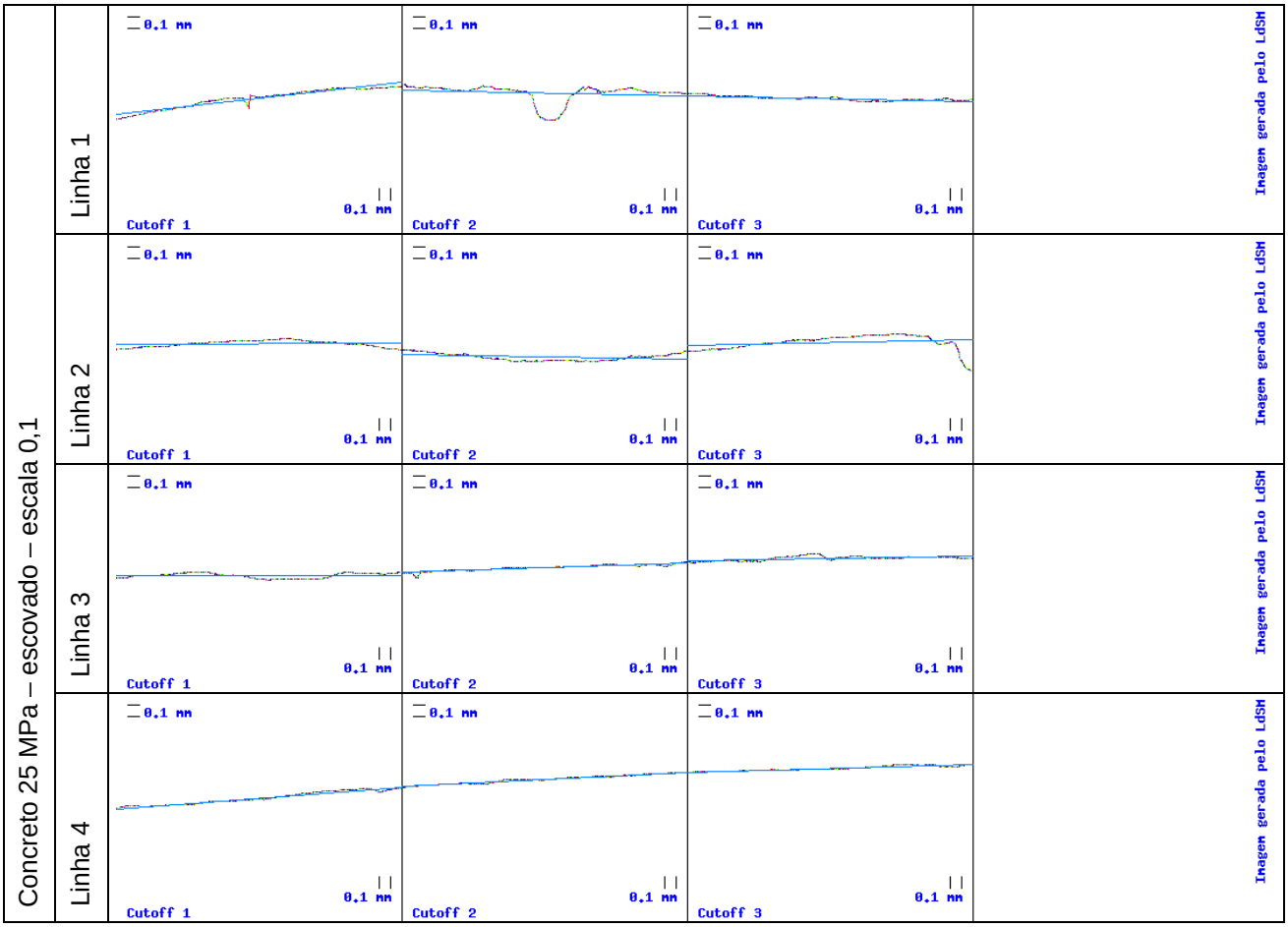


Figura E3 – Perfis de rugosidade para o concreto 25 MPa, escovado

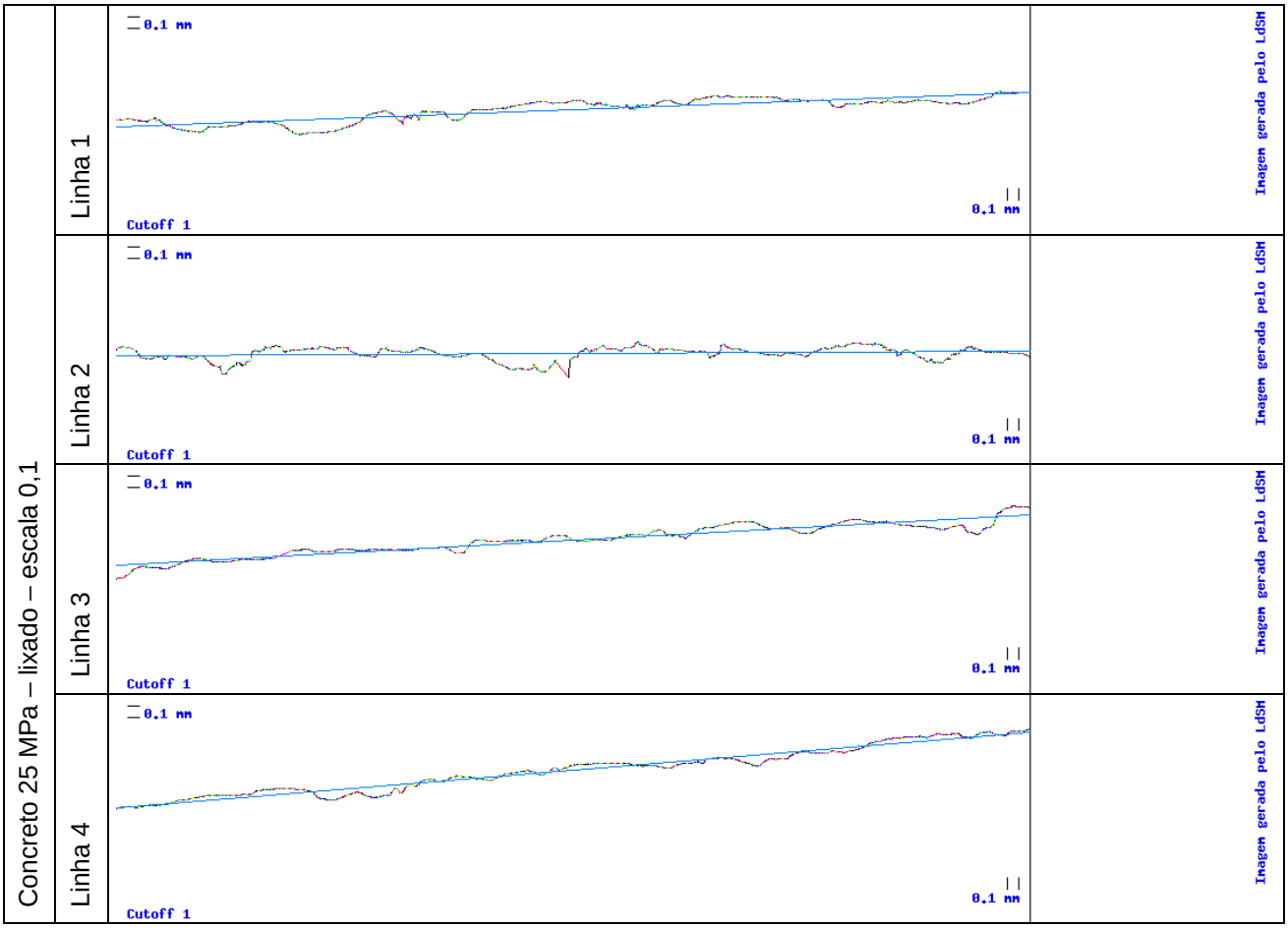


Figura E4 – Perfis de rugosidade para o concreto 25 MPa, lixado

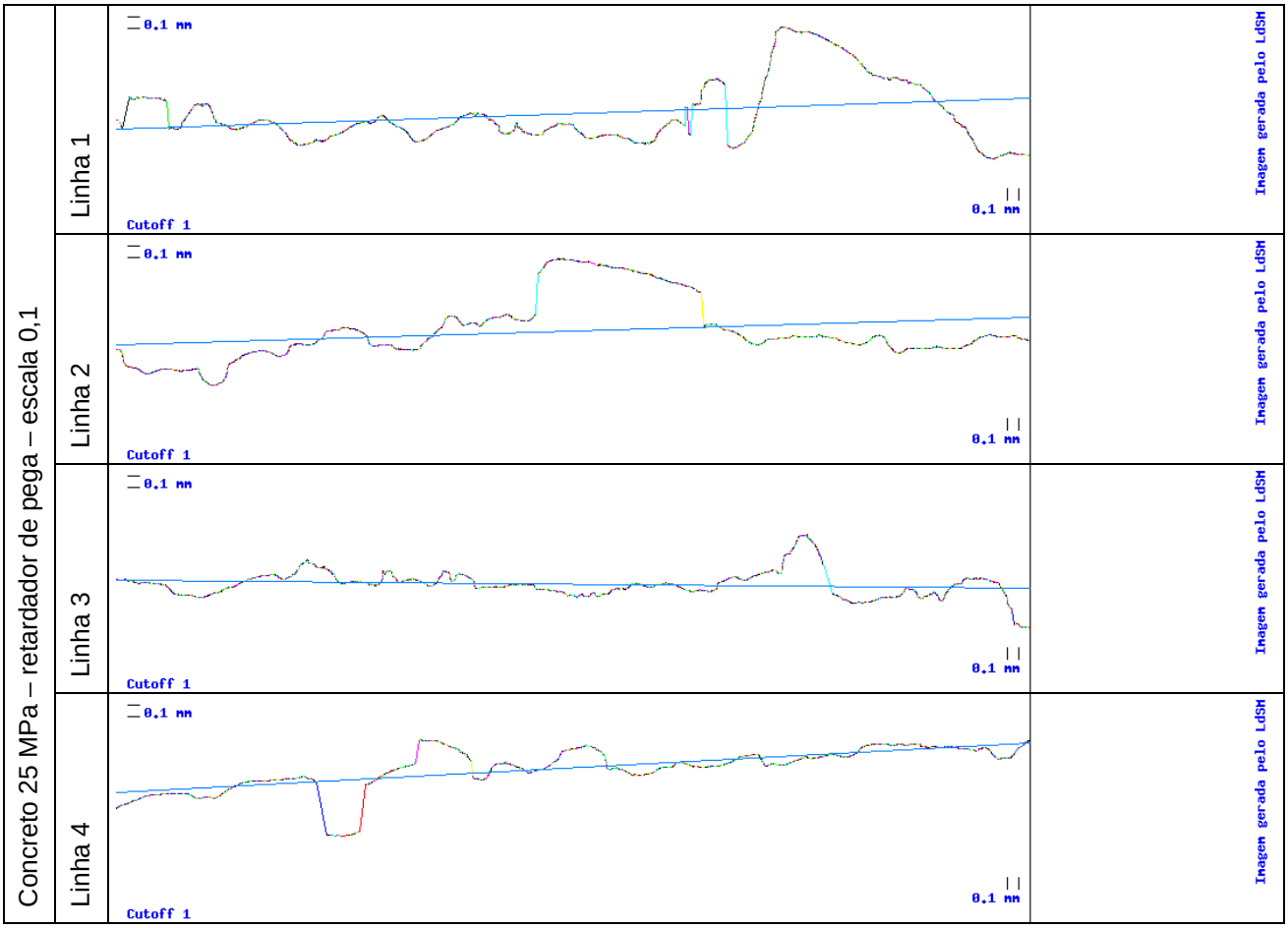


Figura E5 – Perfis de rugosidade para o concreto 25 MPa, retardador de pega

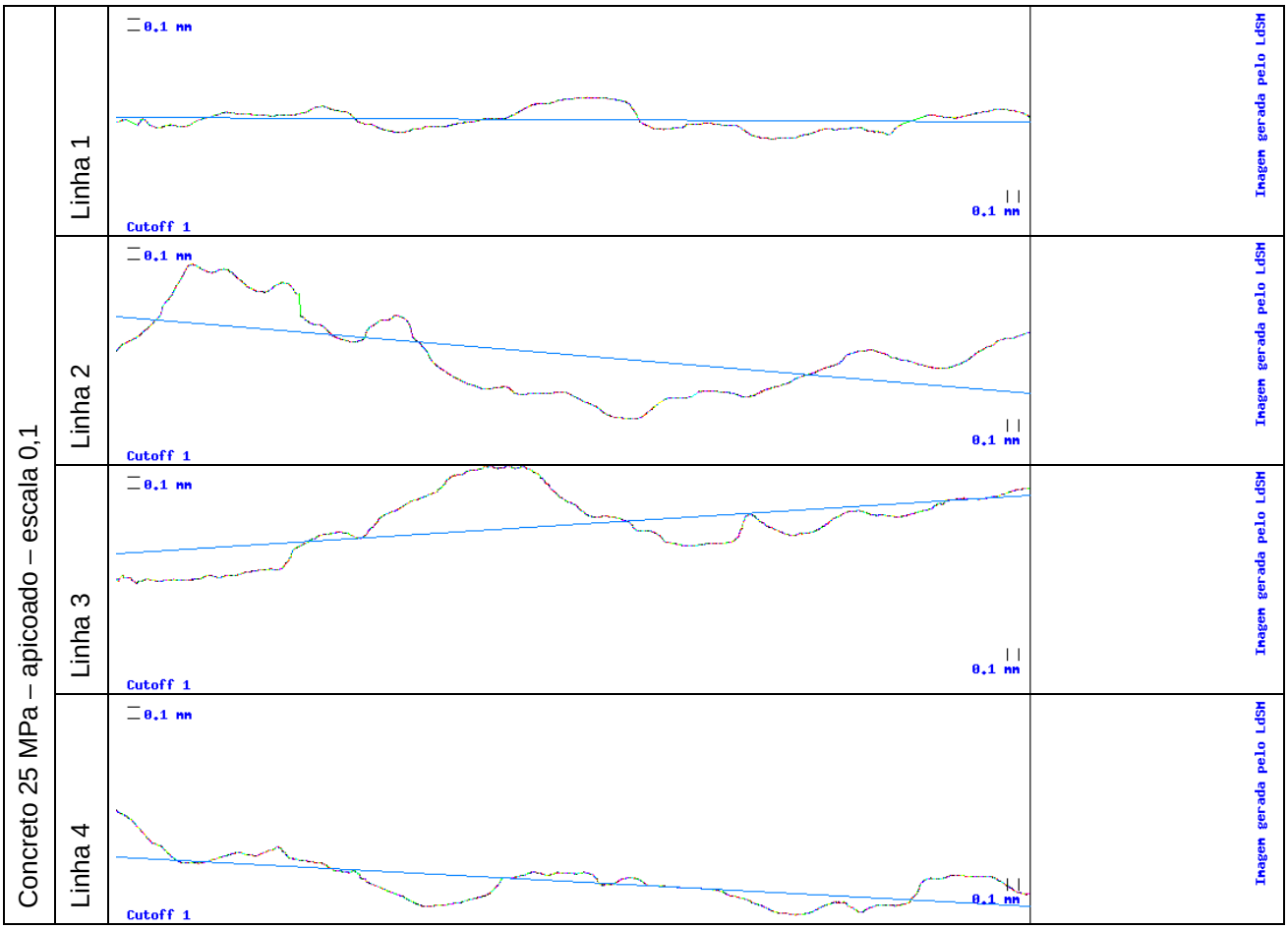


Figura E6 – Perfis de rugosidade para o concreto 25 MPa, apicoado

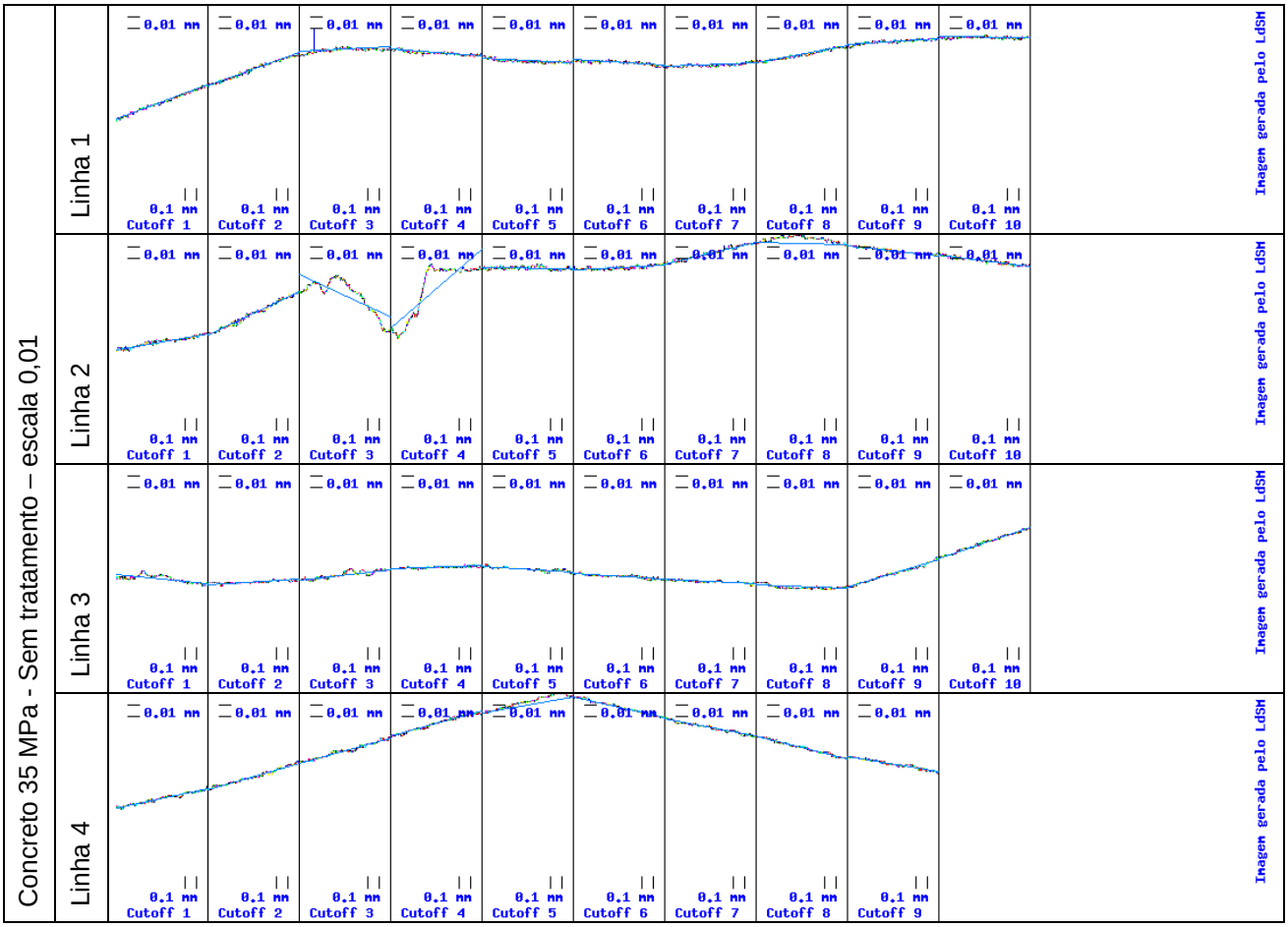


Figura E7 – Perfis de rugosidade para o concreto 35 MPa, sem tratamento

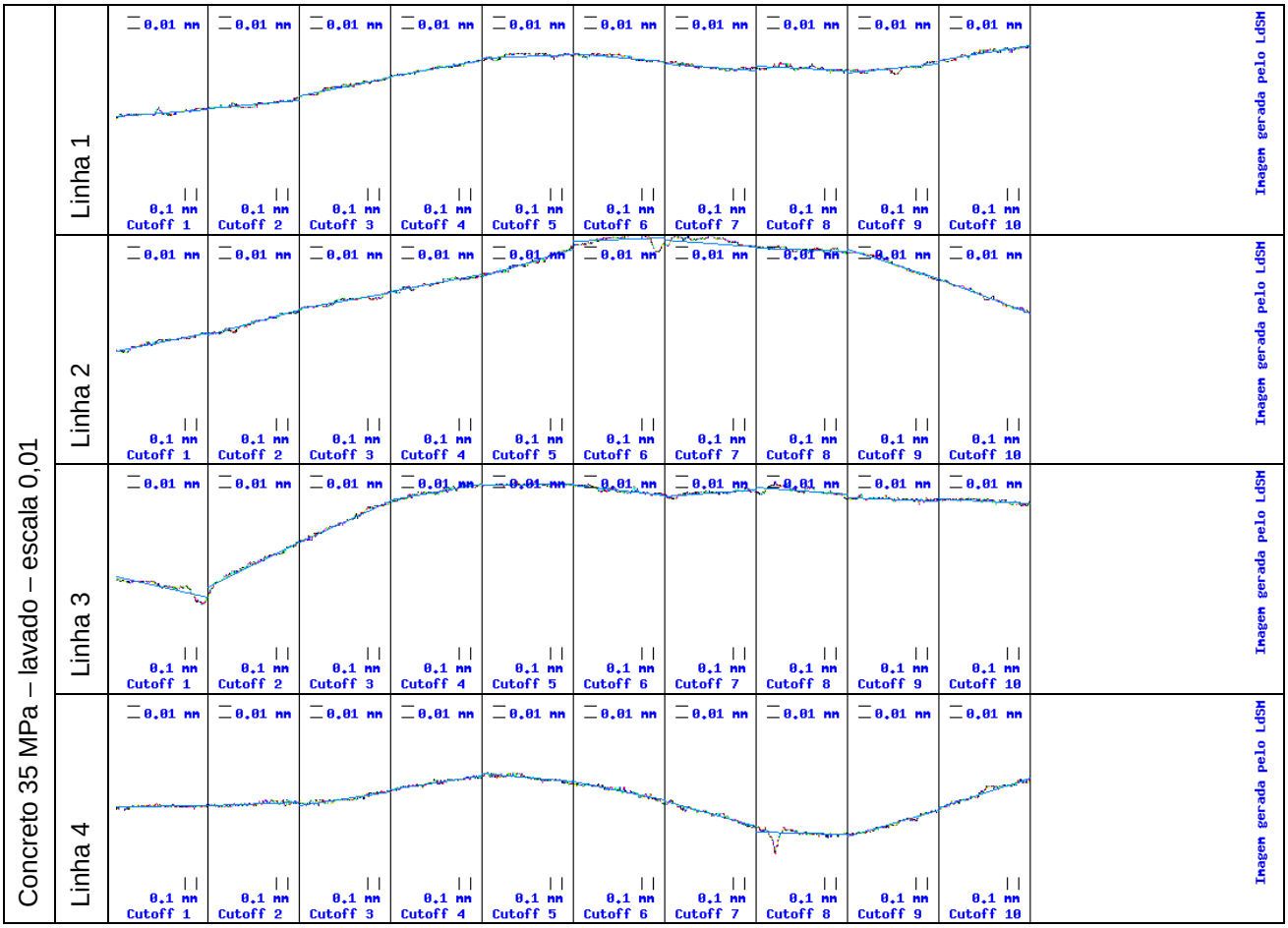


Figura E8 – Perfis de rugosidade para o concreto 35 MPa, lavado

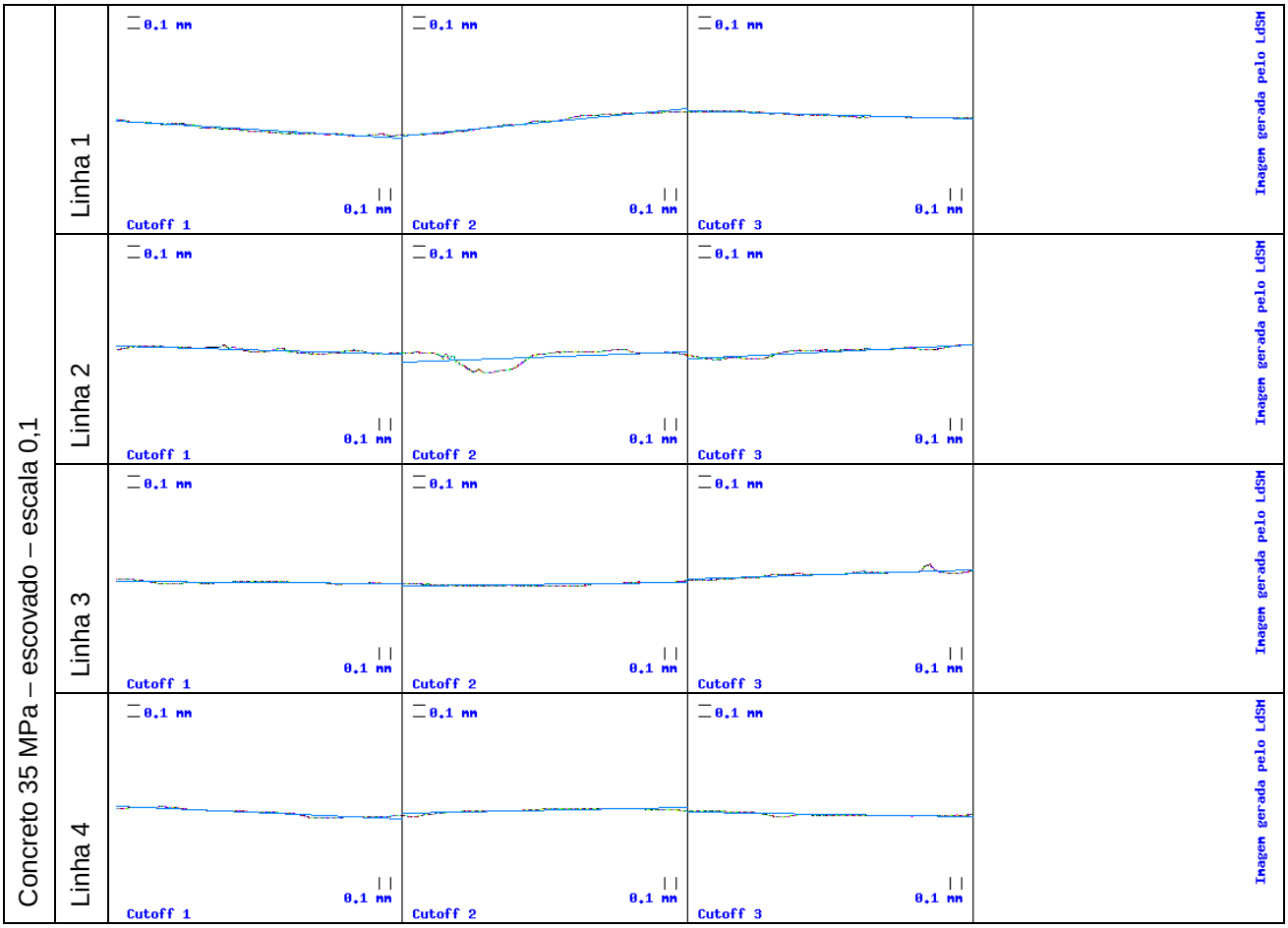


Figura E9 – Perfis de rugosidade para o concreto 35 MPa, escovado

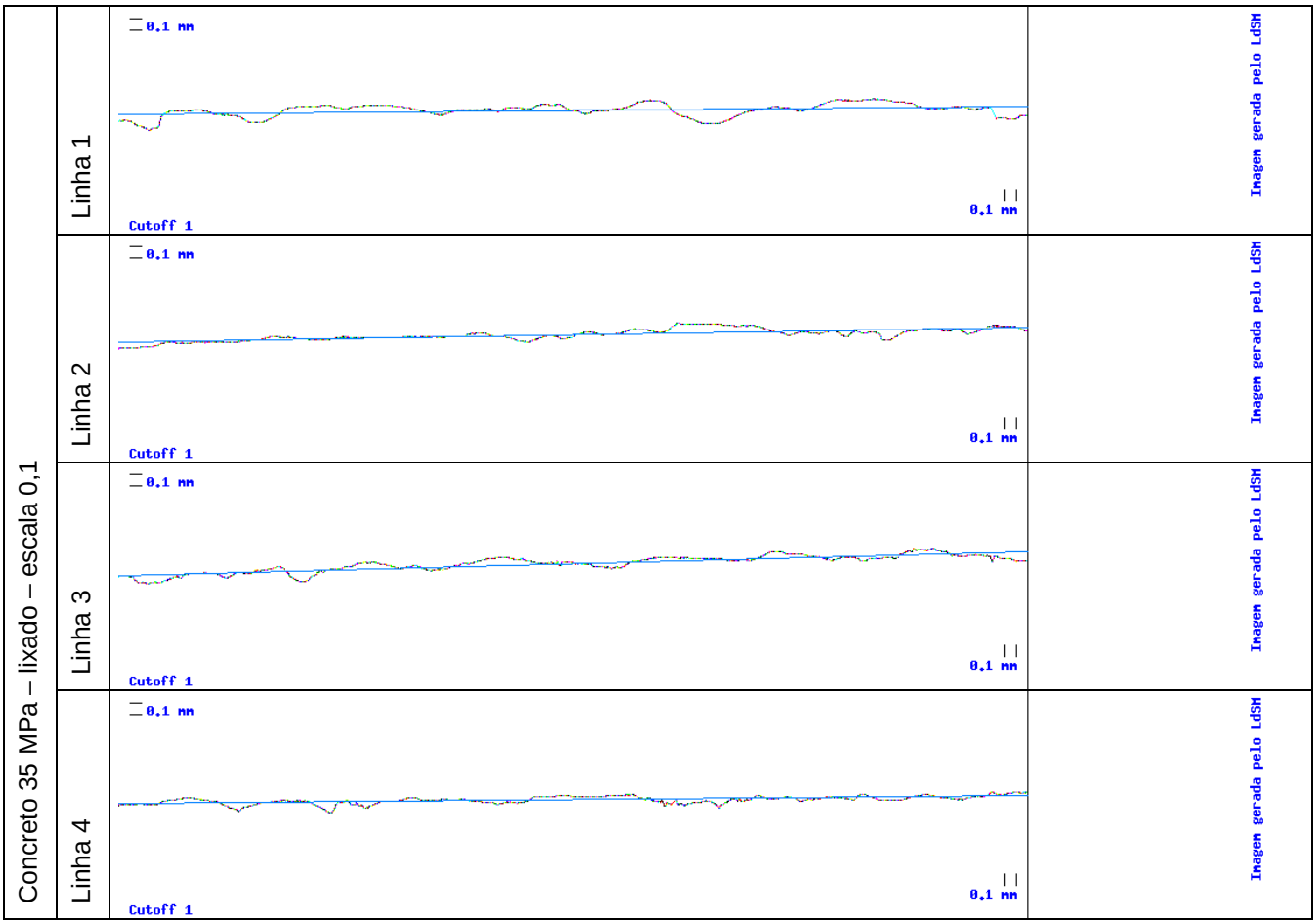


Figura E10 – Perfis de rugosidade para o concreto 35 MPa, lixado

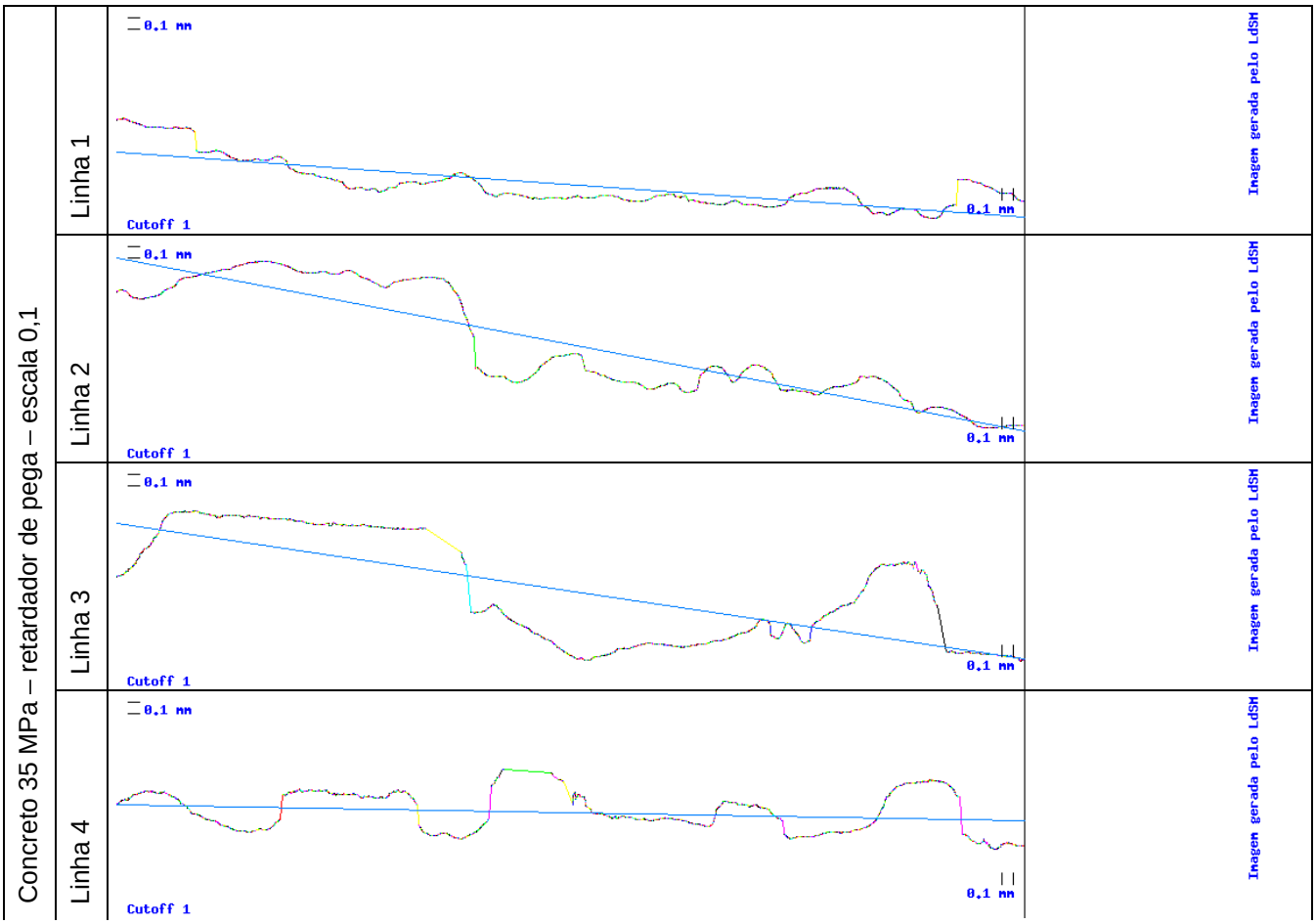


Figura E11 – Perfis de rugosidade para o concreto 35 MPa, retardador de pega

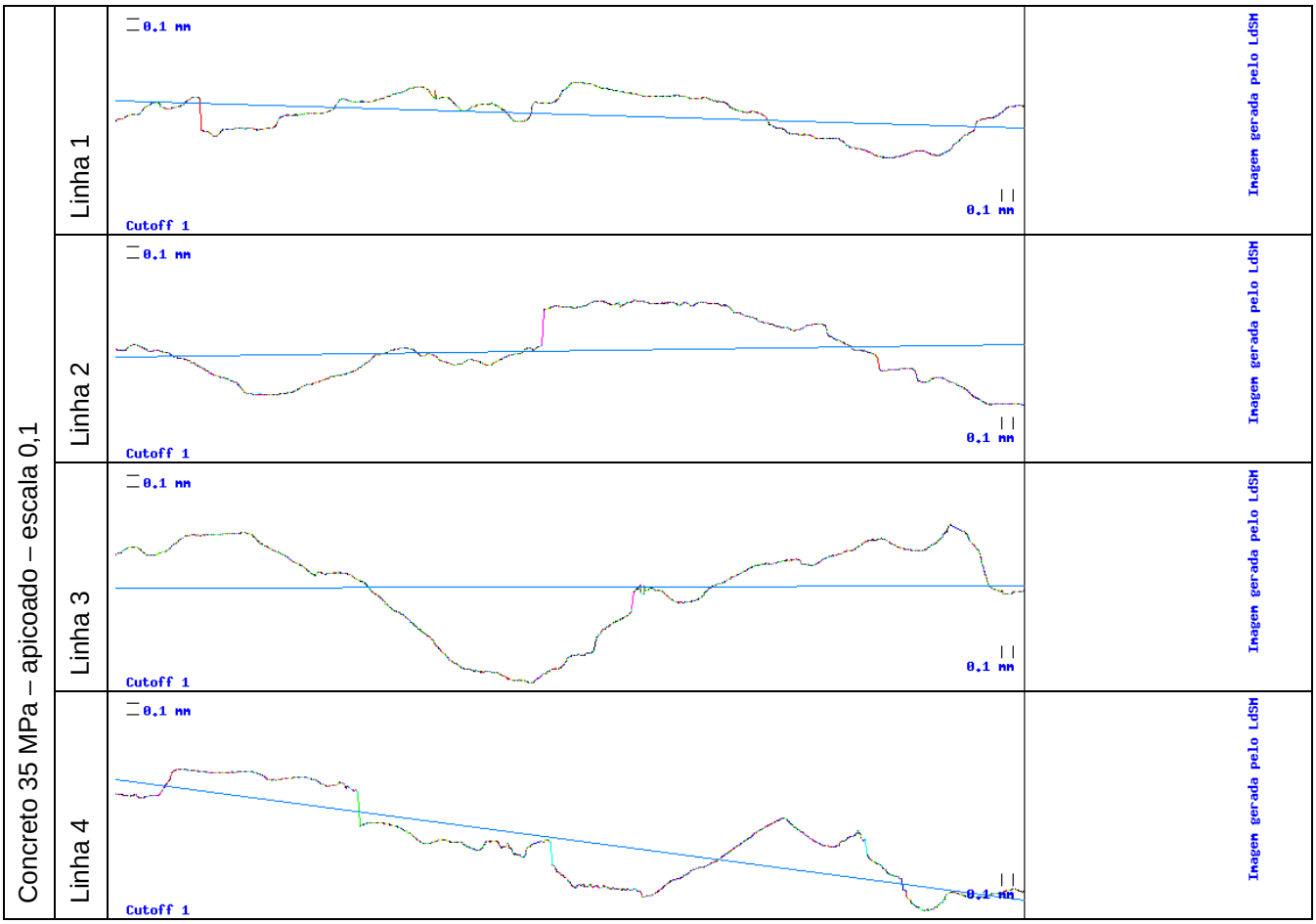


Figura E12 – Perfis de rugosidade para o concreto 35 MPa, apicoado

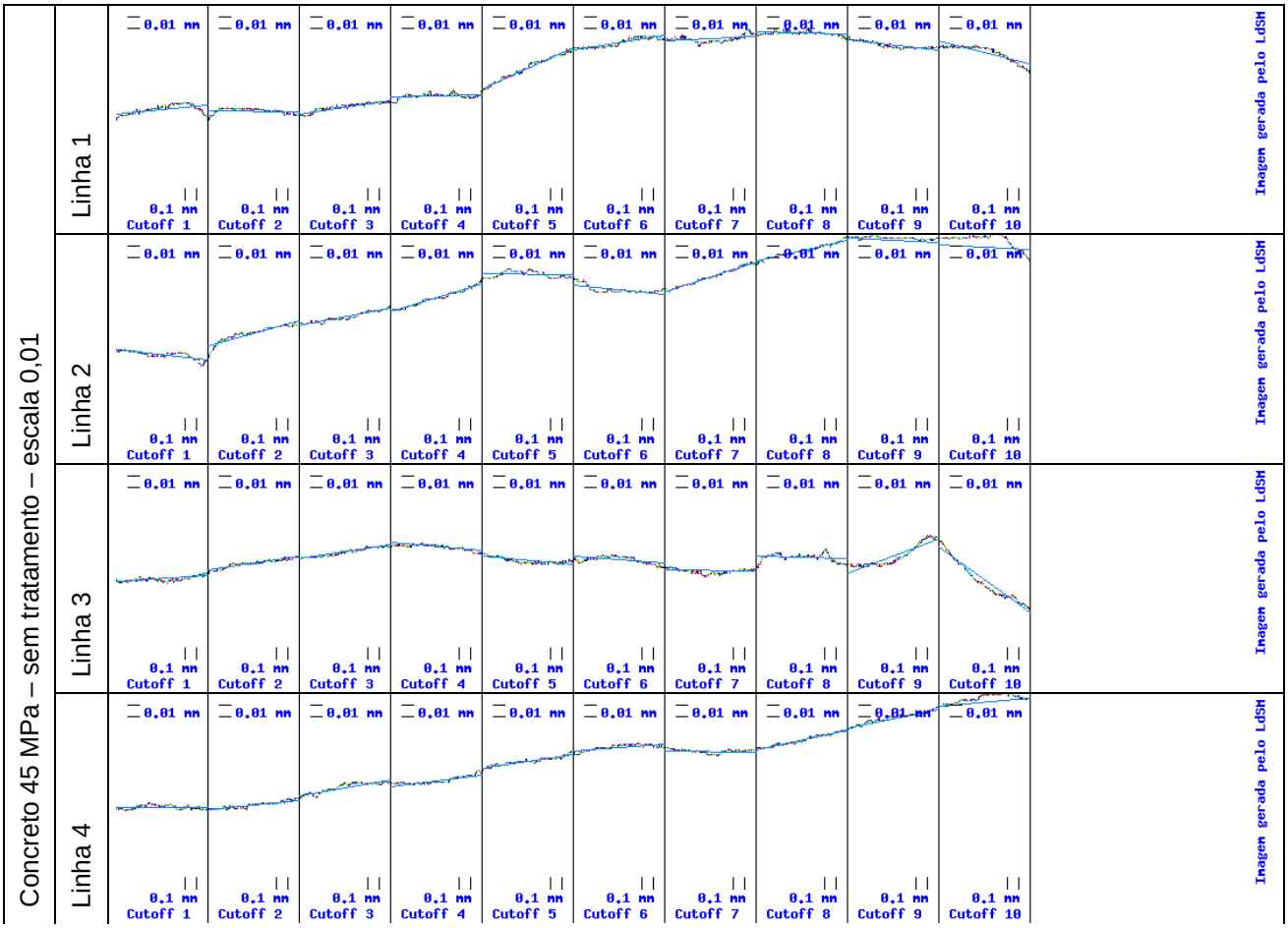


Figura E13 – Perfis de rugosidade para o concreto 45 MPa, sem tratamento

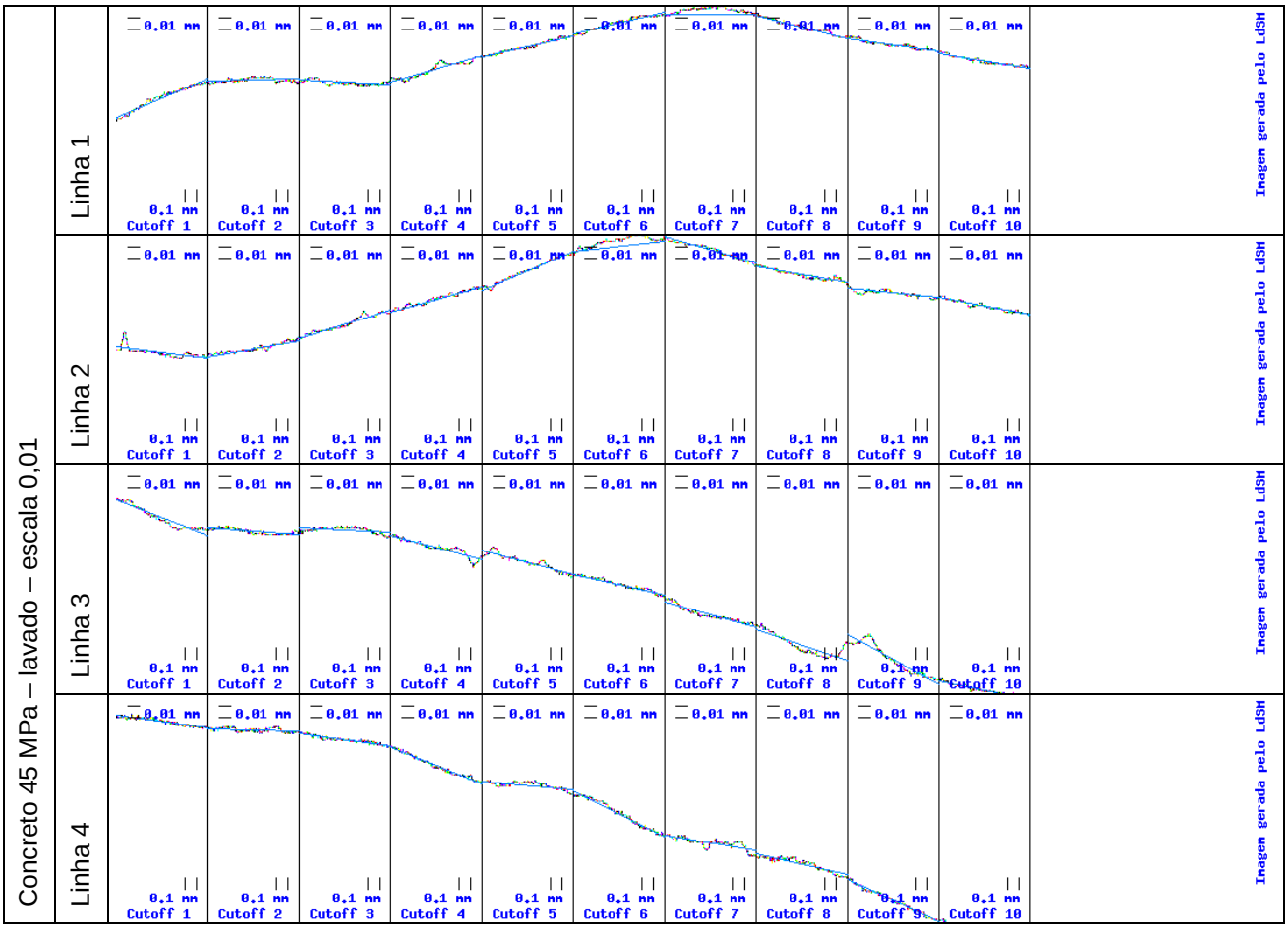


Figura E14 – Perfis de rugosidade para o concreto 45 MPa, lavado

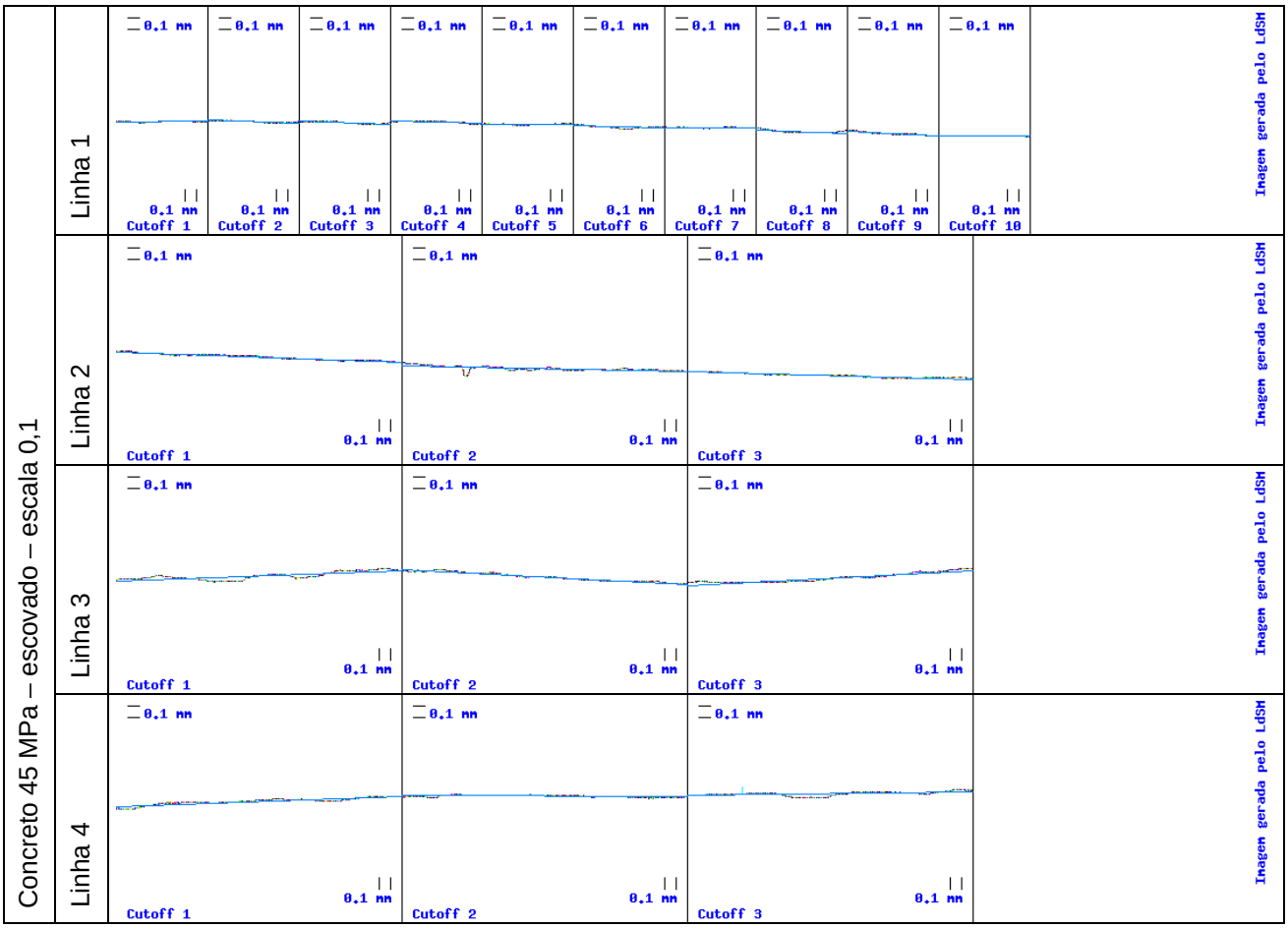


Figura E15 – Perfis de rugosidade para o concreto 45 MPa, escovado

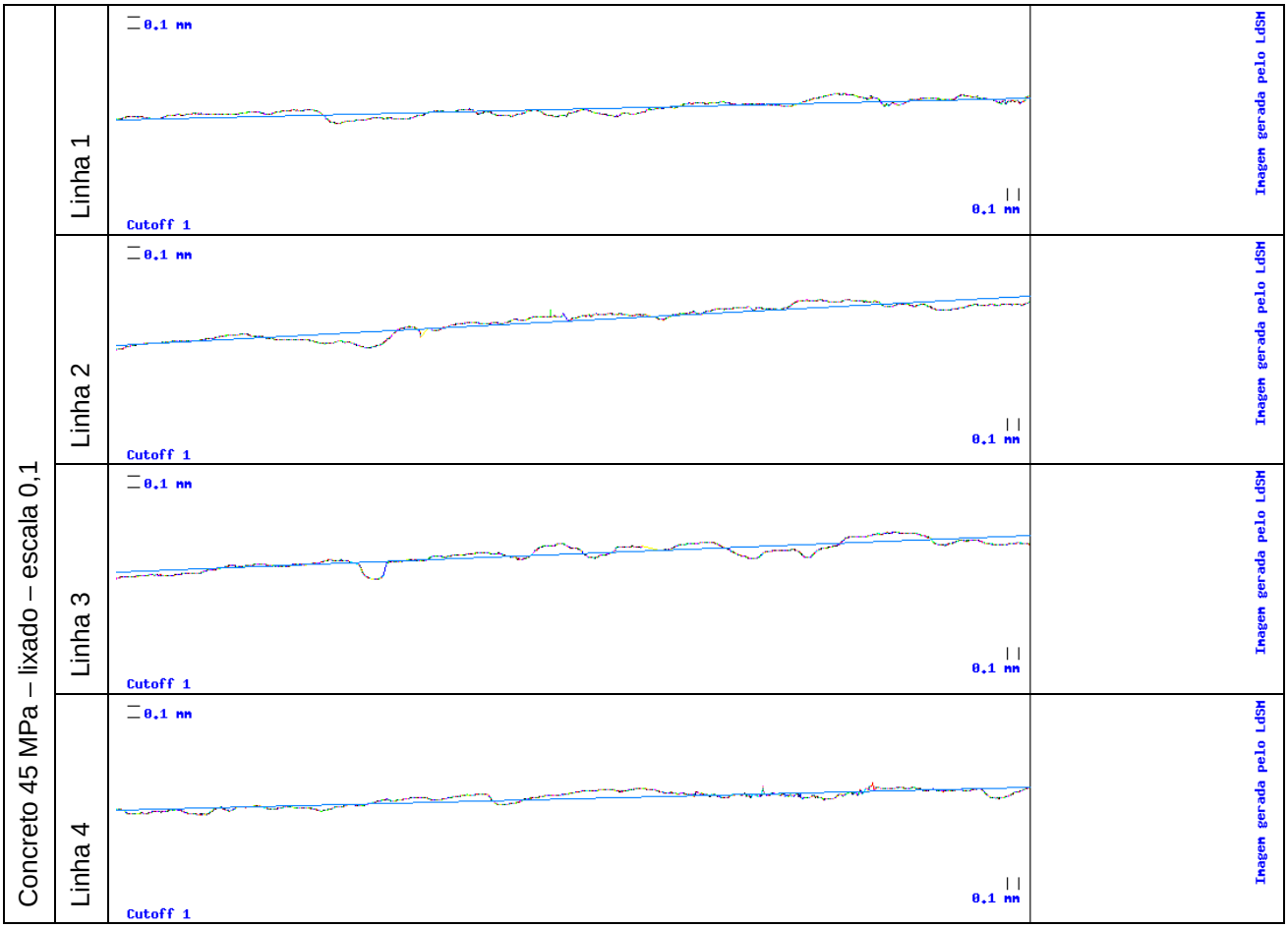


Figura E16 – Perfis de rugosidade para o concreto 45 MPa, lixado

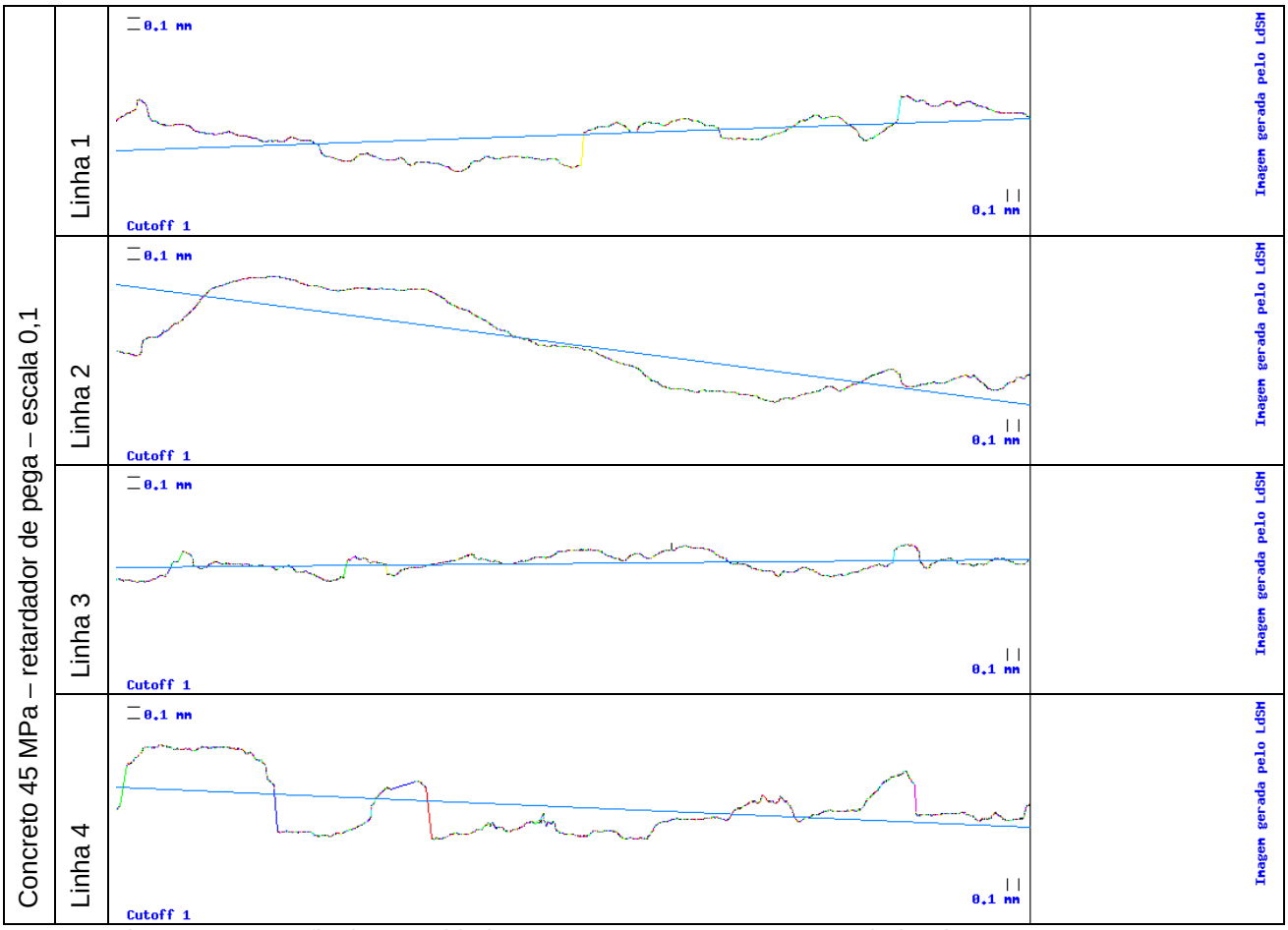


Figura E17 – Perfis de rugosidade para o concreto 45 MPa, retardador de pega

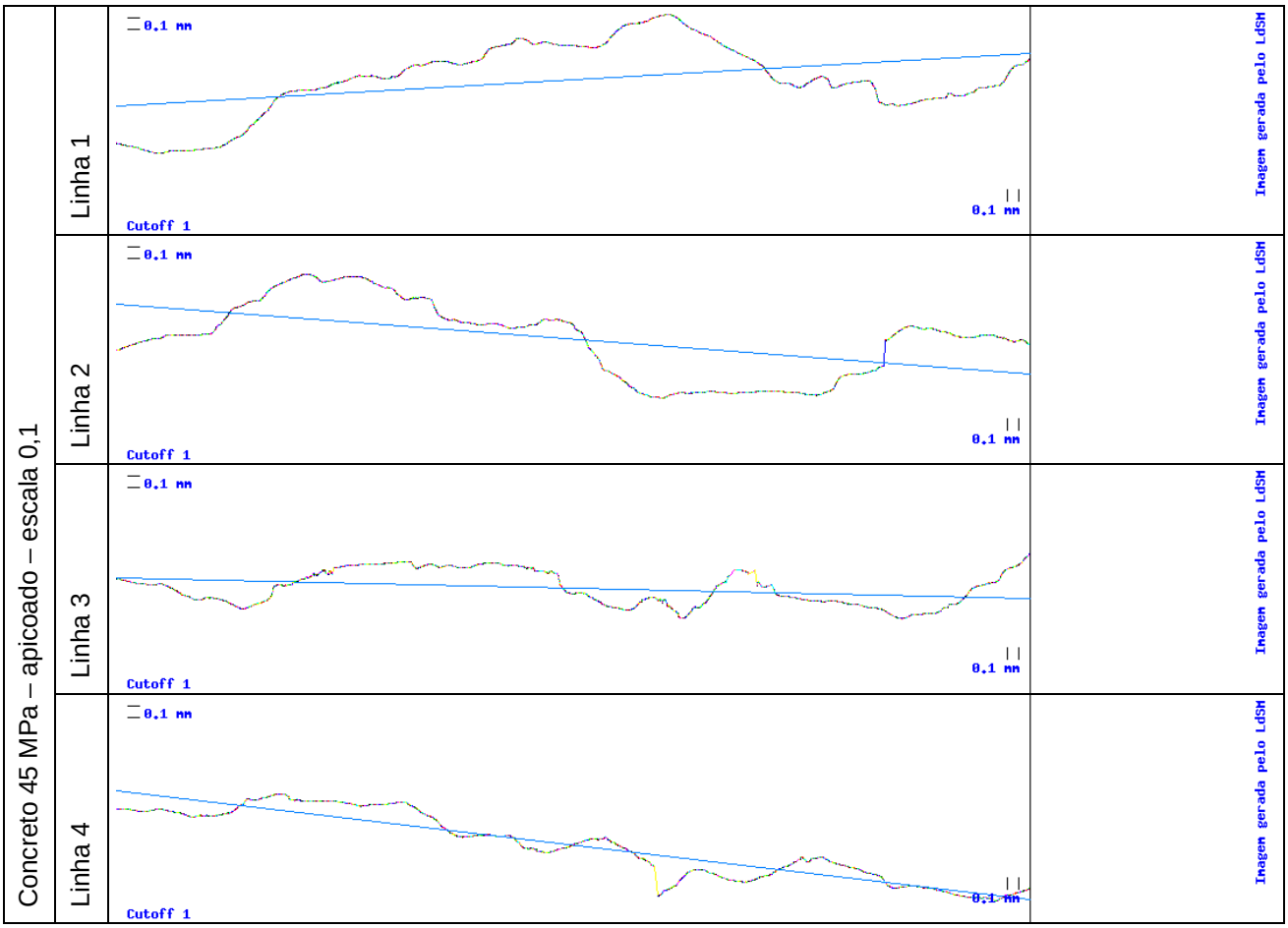


Figura E18 – Perfis de rugosidade para o concreto 45 MPa, apicoado

APÊNDICE F – Análise Múltipla de Médias: Teste de Duncan

F.1. Rugosidade – perfis 2D

Legenda:

Concreto		Tratamento superficial	
fck	**fcj**		
21	25	**1**	Sem tratamento
28	35	**2**	Lavado
35	45	**3**	Escovado
		4	Lixado
		5	Retardador de pega
		6	apicoado

F.1.1 – tratamentos superficiais

Ra

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT

TRAT	CONC		{1} 1,416667	{2} 1,358333	{3} 13,14167	{4} 33,00834	{5} 150,9667	{6} 187,6583
1	....	{1}		,997601	,530154	,113137	,000054	,000033
2	....	{2}	,997601		,554504	,125259	,000033	,000028
3	....	{3}	,530154	,554504		,289075	,000060	,000054
4	....	{4}	,113137	,125259	,289075		,000112	,000060
5	....	{5}	,000054	,000033	,000060	,000112		,053155
6	....	{6}	,000033	,000028	,000054	,000060	,053155	

Rq

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT

TRAT	CONC		{1} 1,756875	{2} 1,735000	{3} 16,70833	{4} 41,22500	{5} 186,3250	{6} 220,2250
1	....	{1}		,999287	,488169	,086508	,000054	,000033
2	....	{2}	,999287		,515269	,097313	,000033	,000028
3	....	{3}	,488169	,515269		,257392	,000060	,000054
4	....	{4}	,086508	,097313	,257392		,000112	,000060
5	....	{5}	,000054	,000033	,000060	,000112		,119358
6	....	{6}	,000033	,000028	,000054	,000060	,119358	

Rmax -

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT

TRAT	CONC		{1} 21,76667	{2} 19,99167	{3} 126,9583	{4} 203,0167	{5} 814,3167	{6} 811,0417
1	....	{1}		,979412	,128495	,013771	,000033	,000054
2	....	{2}	,979412		,144000	,015554	,000028	,000033
3	....	{3}	,128495	,144000		,269245	,000054	,000060
4	....	{4}	,013771	,015554	,269245		,000060	,000112
5	....	{5}	,000033	,000028	,000054	,000060		,961940
6	....	{6}	,000054	,000033	,000060	,000112	,961940	

Rz

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT

TRAT	CONC		{1} 11,99167	{2} 11,94167	{3} 86,85833	{4} 203,0167	{5} 814,3167	{6} 811,0417
1	....	{1}		,999505	,268175	,008338	,000033	,000054
2	....	{2}	,999505		,297338	,010149	,000028	,000033
3	....	{3}	,268175	,297338		,088357	,000054	,000060
4	....	{4}	,008338	,010149	,088357		,000060	,000112
5	....	{5}	,000033	,000028	,000054	,000060		,961247
6	....	{6}	,000054	,000033	,000060	,000112	,961247	

F.1.2 – tratamentos superficiais x nível de resistência do concreto

Ra

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

TRAT	CONC		{1} 1,525	{2} 1,150	{3} 1,575	{4} 1,500	{5} 1,175	{6} 1,400	{7} 18,75	{8} 12,05	{9} 8,625	{10 37,15	{11 28,35	{12 33,52	{13 138,7	{14 172,3	{15 141,9	{16 158,5	{17 222,2	{18 182,1
1	21	{1}		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	,6	,8	,8	,4	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	28	{2}	1,0		1,0	1,0	1,0	1,0	,7	,8	,8	,4	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	35	{3}	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0	,6	,8	,8	,3	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	21	{4}	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	,6	,8	,8	,4	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	28	{5}	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0	,6	,8	,8	,4	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	35	{6}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		,6	,8	,8	,4	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	21	{7}	,6	,7	,6	,6	,6	,6		,8	,8	,6	,8	,7	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	28	{8}	,8	,8	,8	,8	,8	,8	,8		,9	,5	,6	,5	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	35	{9}	,8	,8	,8	,8	,8	,8	,8	,9		,4	,6	,5	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	21	{10}	,4	,4	,3	,4	,4	,4	,6	,5	,4		,8	,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	28	{11}	,5	,5	,5	,5	,5	,5	,8	,6	,6	,8		,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	35	{12}	,4	,4	,4	,4	,4	,4	,7	,5	,5	,9	,9		,0	,0	,0	,0	,0	,0
5	21	{13}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0		,3	,9	,6	,0	,2
5	28	{14}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,3		,4	,7	,1	,8
5	35	{15}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,9	,4		,6	,0	,3
6	21	{16}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,6	,7	,6		,1	,5
6	28	{17}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,1	,0	,1		,2
6	35	{18}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,2	,8	,3	,5	,2	

Rq

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

TRAT	CONC		{1} 1,937	{2} 1,445	{3} 1,887	{4} 1,990	{5} 1,477	{6} 1,737	{7} 24,66	{8} 14,92	{9} 10,53	{10 46,45	{11 36,45	{12 40,77	{13 186,3	{14 204,4	{15 168,1	{16 192,4	{17 263,5	{18 204,8
1	21	{1}		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	,6	,8	,8	,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	28	{2}	1,0		1,0	1,0	1,0	1,0	,6	,8	,8	,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	35	{3}	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0	,6	,8	,8	,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	21	{4}	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	,6	,7	,8	,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	28	{5}	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0	,6	,8	,8	,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	35	{6}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		,6	,8	,8	,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	21	{7}	,6	,6	,6	,6	,6	,6		,8	,7	,6	,8	,7	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	28	{8}	,8	,8	,8	,7	,8	,8	,8		,9	,5	,6	,5	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	35	{9}	,8	,8	,8	,8	,8	,8	,7	,9		,4	,5	,5	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	21	{10}	,3	,3	,3	,3	,3	,3	,6	,5	,4		,8	,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	28	{11}	,4	,4	,4	,4	,4	,4	,8	,6	,5	,8		,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	35	{12}	,4	,4	,4	,4	,4	,4	,7	,5	,5	,9	,9		,0	,0	,0	,0	,0	,0
5	21	{13}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0		,6	,6	,9	,1	,7
5	28	{14}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,6		,4	,7	,1	1,0
5	35	{15}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,6	,4		,5	,0	,4
6	21	{16}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,9	,7	,5		,1	,8
6	28	{17}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,1	,1	,0	,1		,1
6	35	{18}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,7	1,0	,4	,8	,1	

Rmax -

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

TRAT	CONC		{1} 19,20	{2} 30,52	{3} 15,57	{4} 26,22	{5} 16,52	{6} 17,22	{7} 197,3	{8} 101,4	{9} 82,17	{10 224,1	{11 179,3	{12 205,5	{13 957,4	{14 803,0	{15 682,4	{16 740,9	{17 943,2	{18 749,0
1	21	{1}		,9	1,0	1,0	1,0	1,0	,2	,5	,6	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	28	{2}	,9		,9	1,0	,9	,9	,2	,6	,7	,2	,3	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	35	{3}	1,0	,9		,9	1,0	1,0	,2	,5	,6	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	21	{4}	1,0	1,0	,9		,9	,9	,2	,6	,7	,2	,3	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	28	{5}	1,0	,9	1,0	,9		1,0	,2	,5	,6	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	35	{6}	1,0	,9	1,0	,9	1,0		,2	,5	,6	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	21	{7}	,2	,2	,2	,2	,2	,2		,4	,4	,8	,9	,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	28	{8}	,5	,6	,5	,6	,5	,5	,4		,9	,4	,5	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	35	{9}	,6	,7	,6	,7	,6	,6	,4	,9		,3	,4	,4	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	21	{10}	,1	,2	,1	,2	,1	,1	,8	,4	,3		,7	,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	28	{11}	,2	,3	,2	,3	,2	,2	,9	,5	,4	,7		,8	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	35	{12}	,2	,2	,2	,2	,2	,2	,9	,4	,4	,9	,8		,0	,0	,0	,0	,0	,0
5	21	{13}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0		,2	,0	,1	,9	,1
5	28	{14}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,2		,4	,6	,2	,6
5	35	{15}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,4		,6	,1	,6
6	21	{16}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,1	,6	,6		,1	,9
6	28	{17}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,9	,2	,1	,1		,1
6	35	{18}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,1	,6	,6	,9	,1	

Rz

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

TRAT	CONC		{1} 12,75	{2} 11,15	{3} 12,07	{4} 13,47	{5} 10,65	{6} 11,70	{7} 133,2	{8} 69,47	{9} 57,87	{10 224,1	{11 179,3	{12 205,5	{13 957,4	{14 803,0	{15 682,4	{16 740,9	{17 943,2	{18 749,0
1	21	{1}		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	,4	,7	,7	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	28	{2}	1,0		1,0	1,0	1,0	1,0	,4	,7	,7	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
1	35	{3}	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0	,4	,7	,7	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	21	{4}	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	,4	,7	,7	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	28	{5}	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0	,4	,7	,7	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
2	35	{6}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		,4	,7	,7	,1	,2	,2	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	21	{7}	,4	,4	,4	,4	,4	,4		,6	,5	,5	,7	,6	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	28	{8}	,7	,7	,7	,7	,7	,7	,6		,9	,2	,4	,3	,0	,0	,0	,0	,0	,0
3	35	{9}	,7	,7	,7	,7	,7	,7	,5	,9		,2	,3	,3	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	21	{10}	,1	,1	,1	,1	,1	,1	,5	,2	,2		,7	,9	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	28	{11}	,2	,2	,2	,2	,2	,2	,7	,4	,3	,7		,8	,0	,0	,0	,0	,0	,0
4	35	{12}	,2	,2	,2	,2	,2	,2	,6	,3	,3	,9	,8		,0	,0	,0	,0	,0	,0
5	21	{13}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0		,2	,0	,1	,9	,1
5	28	{14}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,2		,4	,6	,2	,6
5	35	{15}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,4		,6	,0	,6
6	21	{16}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,1	,6	,6		,1	,9
6	28	{17}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,9	,2	,0	,1		,1
6	35	{18}	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,1	,6	,6	,9	,1	

F.2. Rugosidade - áreas

Legenda:

Concreto		Tratamento superficial	
fck	**fcj**		
21	25	**1**	Sem tratamento
28	35	**2**	Lavado
35	45	**3**	Escovado
		4	Lixado
		5	Retardador de pega
		6	apicoado

F.2.1 –Nível de resistência do concreto

GENERAL MANOVA — Probabilities for Post Hoc Tests, MAIN EFFECT: CONC

CONC	TRAT_SUP		{1} 1,077333	{2} 1,078750	{3} 1,066000
21	....	{1}		,351237	,000162
28	....	{2}	,351237		,000075
35	....	{3}	,000162	,000075	

F.2.2 – tratamentos superficiais

GENERAL MANOVA — Probabilities for Post Hoc Tests, MAIN EFFECT: TRAT_SUP

CONC	TRAT_SUP		{1} 1,003333	{2} 1,004500	{3} 1,039000	{4} 1,036333	{5} 1,238667	{6} 1,122333
....	1	{1}		,584199	,000060	,000075	,000032	,000036
....	2	{2}	,584199		,000075	,000162	,000036	,000060
....	3	{3}	,000060	,000075		,218913	,000075	,000162
....	4	{4}	,000075	,000162	,218913		,000060	,000075
....	5	{5}	,000032	,000036	,000075	,000060		,000162
....	6	{6}	,000036	,000060	,000162	,000075	,000162	

F.2.3 – tratamentos superficiais x nível de resistência do concreto

GENERAL MANOVA — Probabilities for Post Hoc Tests, INTERACTION: 1 x 2

CONC	TRAT_SUP		{1} 1,004	{2} 1,005	{3} 1,023	{4} 1,044	{5} 1,243	{6} 1,145	{7} 1,005	{8} 1,004	{9} 1,075	{10 1,030	{11 1,228	{12 1,130	{13 1,001	{14 1,004	{15 1,019	{16 1,035	{17 1,245	{18 1,092
21	1	{1}		,80	,00	,00	,00	,00	,81	,90	,00	,00	,00	,00	,42	1,0	,00	,00	,00	,00
21	2	{2}	,80		,00	,00	,00	,00	1,0	,89	,00	,00	,00	,00	,33	,80	,00	,00	,00	,00
21	3	{3}	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,07	,00	,00	,00	,00	,28	,01	,00	,00
21	4	{4}	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,00	,00
21	5	{5}	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,59	,00
21	6	{6}	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
28	1	{7}	,81	1,0	,00	,00	,00	,00		,90	,00	,00	,00	,00	,34	,80	,00	,00	,00	,00
28	2	{8}	,90	,89	,00	,00	,00	,00	,90		,00	,00	,00	,00	,39	,89	,00	,00	,00	,00
28	3	{9}	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
28	4	{10}	,00	,00	,07	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,01	,18	,00	,00
28	5	{11}	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
28	6	{12}	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00
35	1	{13}	,42	,33	,00	,00	,00	,00	,34	,39	,00	,00	,00	,00		,44	,00	,00	,00	,00
35	2	{14}	1,0	,80	,00	,00	,00	,00	,80	,89	,00	,00	,00	,00	,44		,00	,00	,00	,00
35	3	{15}	,00	,00	,28	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00
35	4	{16}	,00	,00	,01	,02	,00	,00	,00	,00	,00	,18	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00
35	5	{17}	,00	,00	,00	,00	,59	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00
35	6	{18}	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	

F.3. Sucção Capilar

Legenda:

Concreto		Tratamento superficial		Desmoldante	
fck	**fcj**				
21	25	**1**	Com desmoldante sem tratamento	**1**	Com desmoldante
28	35	**2**	Com desmoldante lavado frio	**2**	Sem desmoldante
35	45	**3**	Com desmoldante lavado quente		
		4	Sem desmoldante sem tratamento		
		5	Sem desmoldante lavado frio		
		6	Sem desmoldante escovado		
		7	Sem desmoldante lixado		
		8	Sem desmoldante retardador de pega		
		9	Sem desmoldante apicoado		

F.3.1 –nível de resistência do concreto

Taxa de absorção

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: CONC

CONC	TRAT	{1} ,0119434	{2} ,0122932	{3} ,0111094
21	{1}		,260764	,010909
28	{2}	,260764		,000883
35	{3}	,010909	,000883	

Resistência capilar

STATISTICA: ANOVA/MANOVA - [Duncan test; RES_CAP (new.sta)]

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: CONC

CONC	TRAT	{1} 1483603,	{2} 1532643,	{3} 2070880,
21	{1}		,601310	,000064
28	{2}	,601310		,000146
35	{3}	,000064	,000146	

F.2.3 – tratamentos superficiais

Taxa de absorção

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT

CONC	TRAT	{1} ,0102083	{2} ,0119167	{3} ,0123776	{4} ,0125788	{5} ,0122914	{6} ,0121868	{7} ,0121612	{8} ,0098500	{9} ,0124673
.... 1	{1}		,003307	,000817	,000386	,001087	,001519	,001390	,502812	,000596
.... 2	{2}	,003307		,443308	,284286	,523922	,634068	,646706	,000820	,367261
.... 3	{3}	,000817	,443308		,722838	,871448	,736689	,712667	,000174	,866269
.... 4	{4}	,000386	,284286	,722838		,624724	,514065	,493180	,000085	,834261
.... 5	{5}	,001087	,523922	,871448	,624724		,844432	,818576	,000232	,756498
.... 6	{6}	,001519	,634068	,736689	,514065	,844432		,961720	,000336	,633080
.... 7	{7}	,001390	,646706	,712667	,493180	,818576	,961720		,000331	,610129
.... 8	{8}	,502812	,000820	,000174	,000085	,000232	,000336	,000331		,000126
.... 9	{9}	,000596	,367261	,866269	,834261	,756498	,633080	,610129	,000126	

Resistência capilar

,7399527 Columns Rows

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT

CONC	TRAT		{1} 2269227,	{2} 1894797,	{3} 1807689,	{4} 1551298,	{5} 1558452,	{6} 1501101,	{7} 1568809,	{8} 1781866,	{9} 1328139,
....	1	{1}		,027557	,010417	,000376	,000377	,000193	,000396	,008610	,000028
....	2	{2}	,027557		,592104	,068430	,069891	,039915	,072582	,513953	,004106
....	3	{3}	,010417	,592104		,164309	,167010	,102783	,170935	,873554	,013162
....	4	{4}	,000376	,068430	,164309		,964913	,757130	,919595	,200513	,200254
....	5	{5}	,000377	,069891	,167010	,964913		,739953	,949131	,199751	,201003
....	6	{6}	,000193	,039915	,102783	,757130	,739953		,705134	,128483	,291130
....	7	{7}	,000396	,072582	,170935	,919595	,949131	,705134		,195847	,191247
....	8	{8}	,008610	,513953	,873554	,200513	,199751	,128483	,195847		,017322
....	9	{9}	,000028	,004106	,013162	,200254	,201003	,291130	,191247	,017322	

F.3.3 – tratamentos superficiais x nível de resistência do concreto

Taxa de absorção

Columns Rows

GENERAL ANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

CONC	TRAT		{1} .0091	{2} .0115	{3} .0115	{4} .0141	{5} .0131	{6} .0129	{7} .0121	{8} .0102	{9} .0126	{10} .0096	{11} .0110	{12} .0137	{13} .0131	{14} .0130	{15} .0135	{16} .0124	{17} .0100	{18} .0141	{19} .0115	{20} .0132	{21} .0115	{22} .0104	{23} .0106	{24} .0100	{25} .0119	{26} .0093	{27} .0105
21	1	{1}		.04	.04	.00	.00	.00	.01	.34	.00	.65	.10	.00	.00	.00	.00	.01	.42	.00	.02	.00	.02	.23	.17	.42	.02	.39	.20
21	2	{2}	.04		.97	.02	.14	.15	.55	.22	.27	.05	.59	.05	.15	.16	.07	.39	.17	.02	.75	.12	.74	.33	.42	.15	.65	.05	.37
21	3	{3}	.04	.97		.02	.15	.19	.57	.22	.25	.05	.59	.05	.15	.17	.07	.40	.16	.02	.77	.12	.75	.32	.41	.17	.69	.05	.38
21	4	{4}	.00	.02	.02		.35	.27	.07	.00	.15	.00	.01	.70	.33	.30	.57	.12	.00	.99	.04	.39	.04	.00	.00	.00	.05	.00	.00
21	5	{5}	.00	.14	.15	.35		.35	.34	.01	.66	.00	.06	.54	.97	.91	.67	.49	.01	.34	.23	.91	.23	.02	.03	.01	.26	.00	.03
21	6	{6}	.00	.15	.19	.27	.35		.42	.02	.73	.00	.05	.44	.33	.93	.56	.59	.01	.23	.29	.73	.29	.03	.04	.01	.33	.00	.04
21	7	{7}	.01	.55	.57	.07	.34	.42		.03	.57	.03	.29	.14	.35	.39	.19	.76	.06	.07	.76	.30	.77	.14	.19	.06	.34	.01	.16
21	8	{8}	.34	.22	.22	.00	.01	.02	.03		.03	.55	.45	.00	.01	.01	.00	.05	.35	.00	.14	.01	.14	.76	.63	.36	.12	.40	.70
21	9	{9}	.00	.27	.23	.15	.66	.73	.57	.03		.01	.12	.32	.63	.73	.41	.77	.02	.19	.41	.59	.42	.05	.07	.02	.46	.00	.06
23	1	{10}	.65	.03	.03	.00	.00	.00	.03	.55	.01		.20	.00	.00	.00	.00	.01	.65	.00	.05	.00	.05	.39	.30	.65	.04	.77	.35
23	2	{11}	.10	.59	.59	.01	.06	.03	.29	.45	.12	.20		.02	.06	.07	.03	.19	.36	.01	.43	.05	.42	.62	.74	.37	.33	.13	.67
23	3	{12}	.00	.05	.05	.70	.54	.44	.14	.00	.32	.00	.02		.52	.49	.33	.22	.00	.70	.03	.60	.03	.01	.01	.00	.10	.00	.01
23	4	{13}	.00	.15	.15	.33	.97	.33	.35	.01	.63	.00	.06	.52		.94	.65	.51	.01	.33	.24	.33	.24	.02	.03	.01	.27	.00	.03
23	5	{14}	.00	.16	.17	.30	.91	.93	.39	.01	.73	.00	.07	.49	.94		.61	.55	.01	.31	.26	.33	.26	.03	.04	.01	.30	.00	.03
23	6	{15}	.00	.07	.07	.57	.67	.56	.19	.00	.41	.00	.03	.33	.65	.61		.29	.00	.57	.12	.73	.12	.01	.01	.00	.14	.00	.01
23	7	{16}	.01	.39	.40	.12	.49	.59	.75	.05	.77	.01	.19	.22	.51	.55	.29		.03	.12	.56	.44	.57	.03	.12	.04	.62	.01	.10
23	8	{17}	.42	.17	.16	.00	.01	.01	.06	.35	.02	.65	.36	.00	.01	.01	.00	.03		.00	.10	.01	.10	.64	.52	.93	.09	.43	.59
23	9	{18}	.00	.02	.02	.99	.34	.23	.07	.00	.19	.00	.01	.70	.33	.31	.57	.12	.00		.04	.39	.04	.00	.00	.00	.05	.00	.00
35	1	{19}	.02	.76	.77	.04	.23	.29	.76	.14	.41	.05	.43	.03	.24	.26	.12	.56	.10	.04		.19	1.0	.22	.29	.11	.91	.03	.25
35	2	{20}	.00	.12	.12	.39	.91	.73	.30	.01	.59	.00	.05	.60	.33	.33	.73	.44	.01	.39	.19		.20	.02	.03	.01	.23	.00	.02
35	3	{21}	.02	.74	.76	.04	.23	.29	.77	.14	.42	.05	.42	.03	.24	.26	.12	.57	.10	.04	1.0	.20		.21	.23	.10	.91	.03	.24
35	4	{22}	.23	.33	.32	.00	.02	.03	.14	.76	.05	.39	.62	.01	.02	.03	.01	.03	.64	.00	.22	.02	.21		.53	.65	.15	.27	.92
35	5	{23}	.17	.42	.41	.00	.03	.04	.19	.63	.07	.30	.74	.01	.03	.04	.01	.12	.52	.00	.29	.03	.23	.53		.53	.25	.20	.90
35	6	{24}	.42	.15	.17	.00	.01	.01	.06	.36	.02	.65	.37	.00	.01	.01	.00	.04	.93	.00	.11	.01	.10	.65	.53		.09	.43	.59
35	7	{25}	.02	.65	.69	.05	.26	.33	.34	.12	.46	.04	.33	.10	.27	.30	.14	.62	.09	.05	.91	.23	.91	.15	.25	.09		.02	.21
35	8	{26}	.39	.05	.05	.00	.00	.00	.01	.40	.00	.77	.13	.00	.00	.00	.00	.01	.45	.00	.03	.00	.03	.27	.20	.45	.02		.24
35	9	{27}	.20	.37	.38	.00	.03	.04	.16	.70	.06	.35	.67	.01	.03	.03	.01	.10	.59	.00	.25	.02	.24	.92	.90	.59	.21	.24	

Resistência capilar

.05507661 | Columns | Rows | Increase Decimal

GENERAL
ANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

CONC	TEAT		{1} 25510	{2} 18635	{3} 16999	{4} 11554	{5} 12550	{6} 12067	{7} 11942	{8} 14527	{9} 11063	{10} 20405	{11} 21210	{12} 14402	{13} 12390	{14} 12276	{15} 10197	{16} 19674	{17} 17375	{18} 96015	{19} 21360	{20} 13944	{21} 22329	{22} 22563	{23} 21927	{24} 22777	{25} 15446	{26} 20760	{27} 12975
21	1	{1}		.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.11	.16	.00	.00	.00	.00	.07	.02	.00	.22	.05	.29	.30	.22	.31	.00	.13	.06
21	2	{2}	.01		.91	.13	.19	.16	.15	.53	.10	.25	.17	.46	.15	.15	.06	.35	.69	.04	.12	.47	.07	.05	.12	.07	.66	.22	.41
21	3	{3}	.01	.91		.11	.17	.14	.13	.45	.05	.29	.20	.41	.16	.15	.05	.40	.75	.03	.14	.52	.09	.10	.14	.09	.60	.25	.46
21	4	{4}	.00	.13	.11		.77	.57	.90	.32	.55	.01	.01	.39	.50	.52	.64	.02	.07	.50	.00	.03	.00	.00	.00	.00	.24	.01	.03
21	5	{5}	.00	.19	.17	.77		.55	.55	.45	.65	.02	.01	.51	.95	.93	.47	.04	.11	.35	.01	.08	.00	.00	.01	.00	.35	.02	.05
21	6	{6}	.00	.16	.14	.57	.55		.97	.39	.75	.02	.01	.46	.91	.94	.56	.03	.05	.43	.01	.04	.00	.00	.01	.00	.30	.01	.04
21	7	{7}	.00	.15	.13	.90	.55	.97		.33	.77	.02	.01	.44	.59	.91	.57	.03	.05	.44	.01	.04	.00	.00	.01	.00	.29	.01	.03
21	8	{8}	.00	.53	.45	.32	.45	.39	.33		.26	.10	.06	.35	.43	.42	.17	.14	.34	.11	.04	.20	.02	.03	.04	.02	.53	.05	.17
21	9	{9}	.00	.10	.05	.55	.65	.75	.77	.26		.01	.00	.31	.63	.70	.78	.01	.05	.60	.00	.02	.00	.00	.00	.00	.19	.01	.02
23	1	{10}	.11	.25	.29	.01	.02	.02	.02	.10	.01		.79	.05	.02	.02	.00	.30	.43	.00	.64	.64	.46	.50	.63	.47	.13	.90	.71
23	2	{11}	.16	.17	.20	.01	.01	.01	.01	.06	.00	.79		.05	.01	.01	.00	.62	.31	.00	.32	.45	.61	.66	.51	.62	.09	.37	.54
23	3	{12}	.00	.46	.41	.39	.51	.46	.44	.33	.31	.05	.05		.50	.49	.21	.11	.23	.14	.03	.17	.02	.02	.03	.02	.73	.06	.14
23	4	{13}	.00	.13	.16	.50	.95	.91	.59	.43	.65	.02	.01	.50		.97	.50	.03	.10	.35	.01	.05	.00	.00	.01	.00	.34	.02	.04
23	5	{14}	.00	.13	.15	.32	.93	.94	.91	.42	.70	.02	.01	.49	.97		.52	.03	.09	.39	.01	.05	.00	.00	.01	.00	.33	.02	.04
23	6	{15}	.00	.06	.05	.64	.47	.56	.57	.17	.76	.00	.00	.21	.50	.52		.01	.03	.50	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.12	.00	.01
23	7	{16}	.07	.35	.40	.02	.04	.03	.03	.14	.01	.50	.62	.11	.03	.03	.01		.56	.00	.49	.51	.34	.37	.45	.34	.20	.72	.39
23	8	{17}	.02	.69	.75	.07	.11	.05	.05	.34	.05	.43	.31	.23	.10	.09	.03	.56		.02	.22	.70	.14	.16	.22	.15	.43	.37	.64
23	9	{18}	.00	.04	.03	.50	.35	.43	.44	.11	.60	.00	.00	.14	.33	.39	.50	.00	.02		.00	.01	.00	.00	.00	.00	.03	.00	.01
25	1	{19}	.22	.12	.14	.00	.01	.01	.01	.04	.00	.64	.32	.03	.01	.01	.00	.49	.23	.00		.37	.76	.51	.93	.77	.06	.71	.42
25	2	{20}	.05	.47	.52	.03	.06	.04	.04	.20	.02	.64	.45	.17	.05	.05	.01	.51	.70	.01	.37		.24	.27	.36	.25	.27	.57	.91
25	3	{21}	.29	.07	.09	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.46	.61	.02	.00	.00	.00	.34	.14	.00	.76	.24		.93	.77	.99	.03	.52	.25
25	4	{22}	.30	.05	.10	.00	.00	.00	.00	.03	.00	.50	.66	.02	.00	.00	.00	.37	.16	.00	.51	.27	.93		.32	.94	.04	.57	.32
25	5	{23}	.22	.12	.14	.00	.01	.01	.01	.04	.00	.63	.51	.03	.01	.01	.00	.45	.22	.00	.95	.38	.77	.32		.75	.06	.70	.42
25	6	{24}	.31	.07	.09	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.47	.62	.02	.00	.00	.00	.34	.15	.00	.77	.25	.99	.94	.75		.03	.53	.29
25	7	{25}	.00	.66	.60	.24	.35	.30	.29	.53	.19	.13	.09	.73	.34	.33	.12	.20	.43	.05	.06	.27	.03	.04	.06	.03		.11	.24
25	8	{26}	.13	.22	.25	.01	.02	.01	.01	.05	.01	.90	.57	.06	.02	.02	.00	.72	.37	.00	.71	.57	.52	.57	.70	.53	.11		.63
25	9	{27}	.06	.41	.46	.03	.05	.04	.03	.17	.02	.71	.54	.14	.04	.04	.01	.39	.64	.01	.42	.91	.25	.32	.42	.29	.24	.63	

Sucção Capilar – desmoldante

Taxa de absorção

STATISTICA: ANOVA/MANOVA - [Duncan test; TX_ABS (new.sta)]

File Edit View Analysis Graphs Options Window Help

Columns Rows

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

CONCR	DESMOL	TRAT_SUP		{1} ,0101442	{2} ,0136419	{3} ,0117244	{4} ,0130694	{5} ,0129703	{6} ,0105940
21	1	....	{1}		,000147	,022135	,000538	,000639	,450009
21	2	....	{2}	,000147		,008989	,339744	,288794	,000392
28	1	....	{3}	,022135	,008989		,045457	,051463	,073312
28	2	....	{4}	,000538	,339744	,045457		,866329	,001685
35	1	....	{5}	,000639	,288794	,051463	,866329		,001922
35	2	....	{6}	,450009	,000392	,073312	,001685	,001922	

Resistência capilar

STATISTICA: ANOVA/MANOVA - [Duncan test; RES_CAP (new.sta)]

File Edit View Analysis Graphs Options Window Help

,3355422

Columns Rows

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

CONCR	DESMOL	TRAT_SUP		{1} 2274970,	{2} 1206737,	{3} 2329070,	{4} 1233339,	{5} 2038999,	{6} 2224548,
21	1	....	{1}		,000868	,813136	,000945	,335542	,825604
21	2	....	{2}	,000868		,000649	,907440	,003883	,001120
28	1	....	{3}	,813136	,000649		,000715	,252374	,665028
28	2	....	{4}	,000945	,907440	,000715		,003793	,001167
35	1	....	{5}	,335542	,003883	,252374	,003793		,423266
35	2	....	{6}	,825604	,001120	,665028	,001167	,423266	

F.4. Aderência – Ensaios Preliminares

Legenda:

Concreto		Tratamento superficial		Chapisco	
fck	**fcj**				
21	25	**1**	Com desmoldante sem tratamento	**1**	Convencional
28	35	**2**	Com desmoldante lavado frio	**2**	Industrializado
35	45	**3**	Com desmoldante lavado quente		
		4	Sem desmoldante sem tratamento		
		5	Sem desmoldante lavado frio		
		6	Sem desmoldante escovado		
		7	Sem desmoldante apicoado		

F.4.1 –nível de resistência do concreto conc

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: CONC

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1} ,1215132	{2} ,1346759	{3} ,1492000
21	....	....	{1}		,057928	,000106
28	....	....	{2}	,057928		,036410
35	....	....	{3}	,000106	,036410	

F.4.2 – tratamentos superficiais

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT_SUP

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1} ,1314669	{2} ,1253038	{3} ,1031817	{4} ,1276544	{5} ,1355070	{6} ,1501061	{7} ,1726880
....	1	....	{1}		,587888	,012927	,719188	,703198	,096656	,000202
....	2	....	{2}	,587888		,036950	,824572	,388109	,034943	,000026
....	3	....	{3}	,012927	,036950		,027728	,004911	,000031	,000004
....	4	....	{4}	,719188	,824572	,027728		,489425	,051800	,000056
....	5	....	{5}	,703198	,388109	,004911	,489425		,168560	,000665
....	6	....	{6}	,096656	,034943	,000031	,051800	,168560		,033198
....	7	....	{7}	,000202	,000026	,000004	,000056	,000665	,033198	

F.4.3 – tipo de chapisco

MANOVA

MAIN EFFECT: CHAP

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1} ,1181580	{2} ,1521013
....	....	1	{1}		,000009
....	....	2	{2}	,000009	

F.4.4 – nível de resistência do concreto x tipo de chapisco

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 3

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1} ,1039477	{2} ,1390787	{3} ,1090748	{4} ,1602770	{5} ,1414517	{6} ,1569483
21	....	1	{1}		,000509	,601471	,000004	,000263	,000004
21	....	2	{2}	,000509		,002244	,047090	,809008	,085069
28	....	1	{3}	,601471	,002244		,000005	,001404	,000005
28	....	2	{4}	,000004	,047090	,000005		,069224	,734547
35	....	1	{5}	,000263	,809008	,001404	,069224		,114437
35	....	2	{6}	,000004	,085069	,000005	,734547	,114437	

F.4.5 – tratamentos superficiais x nível de resistência do concreto

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1} .1108	{2} .1259	{3} .1065	{4} .1271	{5} .1304	{6} .1270	{7} .1226	{8} .1049	{9} .0940	{10} .1242	{11} .1459	{12} .1487	{13} .1442	{14} .1324	{15} .1737	{16} .1553	{17} .0737	{18} .1093	{19} .1292	{20} .1739	{21} .2129
21	1	....	{1}		.46	.33	.44	.37	.44	.51	.73	.43	.49	.11	.11	.13	.00	.00	.04	.13	.96	.40	.00	.00
21	2	....	{2}	.46		.37	.95	.33	.95	.37	.34	.14	.93	.36	.35	.40	.01	.01	.13	.03	.45	.37	.01	.00
21	3	....	{3}	.33	.37		.35	.29	.35	.43	.93	.52	.40	.03	.07	.09	.00	.00	.03	.17	.36	.31	.00	.00
21	4	....	{4}	.44	.95	.35		.37	1.0	.33	.32	.14	.39	.37	.36	.40	.01	.01	.13	.03	.43	.91	.01	.00
21	5	....	{5}	.37	.33	.29	.37		.37	.72	.26	.11	.73	.43	.43	.45	.01	.02	.22	.02	.36	.95	.02	.00
21	6	....	{6}	.44	.95	.35	1.0	.37		.33	.32	.13	.39	.33	.37	.41	.01	.01	.19	.02	.43	.91	.02	.00
21	7	....	{7}	.51	.37	.43	.33	.72	.33		.40	.13	.93	.30	.23	.33	.01	.01	.14	.04	.52	.76	.01	.00
23	1	....	{8}	.73	.34	.93	.32	.26	.32	.40		.55	.37	.07	.06	.03	.00	.00	.02	.13	.30	.23	.00	.00
23	2	....	{9}	.43	.14	.52	.14	.11	.13	.13	.55		.16	.02	.02	.02	.00	.00	.00	.40	.44	.11	.00	.00
23	3	....	{10}	.49	.93	.40	.39	.73	.39	.93	.37	.16		.33	.31	.36	.01	.01	.16	.03	.43	.31	.01	.00
23	4	....	{11}	.11	.36	.03	.37	.43	.33	.30	.07	.02	.33		.96	.93	.03	.10	.61	.00	.11	.42	.11	.00
23	5	....	{12}	.11	.35	.07	.36	.43	.37	.23	.06	.02	.31	.96		.90	.03	.10	.62	.00	.10	.41	.11	.00
23	6	....	{13}	.13	.40	.09	.40	.45	.41	.33	.03	.02	.36	.93	.90		.07	.10	.57	.00	.12	.45	.10	.00
23	7	....	{14}	.00	.01	.00	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.01	.03	.03	.07		.35	.19	.00	.00	.01	.35	.10
35	1	....	{15}	.00	.01	.00	.01	.02	.01	.01	.00	.00	.01	.10	.10	.10	.35		.21	.00	.00	.02	.99	.09
35	2	....	{16}	.04	.13	.03	.13	.22	.19	.14	.02	.00	.16	.61	.62	.57	.19	.21		.00	.04	.21	.24	.00
35	3	....	{17}	.13	.03	.17	.03	.02	.02	.04	.13	.40	.03	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.13	.02	.00	.00
35	4	....	{18}	.96	.45	.36	.43	.36	.43	.52	.30	.44	.43	.11	.10	.12	.00	.00	.04	.13		.33	.00	.00
35	5	....	{19}	.40	.37	.31	.91	.95	.91	.76	.23	.11	.31	.42	.41	.45	.01	.02	.21	.02	.33		.02	.00
35	6	....	{20}	.00	.01	.00	.01	.02	.02	.01	.00	.00	.01	.11	.11	.10	.35	.99	.24	.00	.00	.02		.03
35	7	....	{21}	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.10	.09	.00	.00	.00	.00	.03	

F.4.6 – tratamentos superficiais x tipo de chapisco

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 2 x 3

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1} .1095	{2} .1533	{3} .0937	{4} .1568	{5} .1156	{6} .0907	{7} .0945	{8} .1607	{9} .1055	{10} .1654	{11} .1445	{12} .1556	{13} .1634	{14} .1818
....	1	1	{1}		.01	.34	.00	.68	.27	.35	.00	.79	.00	.03	.00	.00	.00
....	1	2	{2}	.01		.00	.83	.02	.00	.00	.66	.00	.50	.56	.88	.56	.10
....	2	1	{3}	.34	.00		.00	.20	.84	.96	.00	.46	.00	.00	.00	.00	.00
....	2	2	{4}	.00	.83	.00		.01	.00	.00	.79	.00	.61	.46	.94	.68	.14
....	3	1	{5}	.68	.02	.20	.01		.15	.20	.01	.53	.00	.05	.01	.00	.00
....	3	2	{6}	.27	.00	.84	.00	.15		.81	.00	.37	.00	.00	.00	.00	.00
....	4	1	{7}	.35	.00	.96	.00	.20	.81		.00	.46	.00	.00	.00	.00	.00
....	4	2	{8}	.00	.66	.00	.79	.01	.00	.00		.00	.77	.35	.75	.86	.20
....	5	1	{9}	.79	.00	.46	.00	.53	.37	.46	.00		.00	.02	.00	.00	.00
....	5	2	{10}	.00	.50	.00	.61	.00	.00	.00	.77	.00		.24	.57	.90	.27
....	6	1	{11}	.03	.56	.00	.46	.05	.00	.00	.35	.02	.24		.49	.28	.03
....	6	2	{12}	.00	.88	.00	.94	.01	.00	.00	.75	.00	.57	.49		.64	.13
....	7	1	{13}	.00	.56	.00	.68	.00	.00	.00	.86	.00	.90	.28	.64		.25
....	7	2	{14}	.00	.10	.00	.14	.00	.00	.00	.20	.00	.27	.03	.13	.25	

F.4.7 – tratamentos superficiais x nível de resistência do concreto x tipo de chapisco

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2 x 3

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}
21	1	1	{1}		.91	.98	.20	.87	.70	.96	.39	.87	.16	.66	.11	.36	.09
21	1	2	{2}	.91		.96	.21	.95	.67	.99	.21	.85	.17	.63	.16	.33	.10
21	2	1	{3}	.98	.96		.20	.88	.69	.96	.20	.86	.16	.66	.11	.36	.09
21	2	2	{4}	.20	.21	.20		.21	.17	.26	.87	.51	.66	.16	.65	.05	.18
21	3	1	{5}	.87	.95	.88	.21		.61	.91	.26	.76	.19	.57	.18	.39	.15
21	3	2	{6}	.70	.67	.69	.17	.61		.67	.17	.80	.08	.91	.07	.44	.01
21	4	1	{7}	.96	.99	.96	.26	.91	.67		.21	.83	.17	.63	.16	.33	.10
21	4	2	{8}	.39	.21	.20	.87	.26	.17	.21		.51	.67	.16	.63	.05	.40
21	5	1	{9}	.87	.85	.86	.51	.76	.80	.83	.51		.15	.77	.11	.15	.07
21	5	2	{10}	.16	.17	.16	.66	.18	.08	.17	.67	.15		.07	.91	.05	.77
21	6	1	{11}	.66	.63	.66	.16	.57	.91	.63	.16	.77	.07		.06	.48	.01
21	6	2	{12}	.11	.16	.11	.65	.18	.07	.16	.63	.11	.91	.06		.05	.81
21	7	1	{13}	.36	.33	.36	.05	.39	.44	.33	.05	.15	.05	.48	.05		.01
21	7	2	{14}	.09	.10	.09	.18	.15	.01	.10	.40	.07	.77	.01	.81	.01	
28	1	1	{15}	.01	.01	.01	.00	.01	.03	.01	.00	.03	.00	.01	.00	.10	.00
28	1	2	{16}	.01	.06	.01	.20	.06	.03	.06	.21	.03	.43	.01	.46	.00	.48
28	2	1	{17}	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00
28	2	2	{18}	.03	.01	.03	.56	.06	.01	.01	.57	.03	.17	.01	.61	.00	.61
28	3	1	{19}	.19	.51	.30	.76	.51	.10	.51	.77	.16	.87	.08	.83	.03	.67
28	3	2	{20}	.66	.63	.66	.16	.48	.95	.61	.16	.77	.07	.99	.06	.48	.01
28	4	1	{21}	.43	.46	.43	.63	.60	.31	.46	.61	.15	.10	.31	.37	.13	.37
28	4	2	{22}	.10	.11	.11	.45	.13	.06	.11	.43	.08	.81	.01	.86	.01	.91
28	5	1	{23}	.83	.88	.86	.26	.95	.48	.88	.26	.73	.51	.46	.19	.39	.13
28	5	2	{24}	.01	.01	.01	.39	.06	.01	.01	.39	.03	.40	.01	.43	.00	.67
28	6	1	{25}	.39	.21	.30	.87	.31	.17	.31	.89	.51	.67	.16	.63	.05	.40
28	6	2	{26}	.36	.39	.36	.89	.31	.11	.39	.91	.51	.73	.13	.69	.01	.46
28	7	1	{27}	.03	.03	.03	.51	.01	.01	.03	.56	.05	.11	.01	.17	.00	.60
28	7	2	{28}	.05	.03	.05	.51	.03	.01	.03	.55	.01	.28	.01	.15	.00	.46
36	1	1	{29}	.05	.05	.05	.30	.03	.01	.05	.51	.01	.28	.01	.10	.00	.43
36	1	2	{30}	.06	.06	.06	.36	.07	.02	.06	.36	.01	.60	.05	.63	.00	.77
36	2	1	{31}	.10	.15	.11	.45	.11	.06	.11	.41	.08	.85	.01	.86	.01	.83
36	2	2	{32}	.51	.53	.55	.80	.36	.11	.53	.81	.17	.83	.10	.78	.03	.63
36	3	1	{33}	.36	.33	.36	.05	.30	.44	.33	.05	.15	.05	.47	.05	.99	.01
36	3	2	{34}	.30	.39	.39	.01	.51	.18	.39	.01	.36	.01	.61	.01	.88	.01
36	4	1	{35}	.03	.03	.03	.00	.00	.07	.03	.00	.01	.00	.07	.00	.18	.00
36	4	2	{36}	.01	.06	.01	.39	.06	.03	.01	.30	.03	.41	.01	.46	.00	.48
36	5	1	{37}	.66	.61	.61	.16	.56	.95	.65	.16	.76	.06	.97	.06	.48	.03
36	5	2	{38}	.10	.11	.11	.45	.13	.06	.11	.43	.08	.81	.01	.86	.01	.91
36	6	1	{39}	.01	.01	.01	.11	.01	.00	.01	.15	.00	.51	.00	.56	.00	.36
36	6	2	{40}	.10	.11	.10	.51	.13	.06	.11	.45	.07	.80	.01	.81	.01	.96
36	7	1	{41}	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.01	.00	.05	.00	.05	.00	.01
36	7	2	{42}	.01	.01	.01	.10	.01	.00	.01	.10	.00	.51	.00	.53	.00	.30

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}	{28}
21	1	1	{1}	.01	.01	.00	.02	.19	.66	.43	.10	.83	.01	.39	.36	.02	.05
21	1	2	{2}	.01	.06	.00	.01	.51	.63	.66	.11	.88	.01	.21	.39	.03	.03
21	2	1	{3}	.01	.01	.00	.03	.30	.66	.43	.11	.85	.01	.30	.36	.03	.05
21	2	2	{4}	.00	.20	.00	.56	.76	.16	.63	.45	.36	.39	.87	.89	.51	.51
21	3	1	{5}	.01	.06	.00	.06	.51	.48	.60	.13	.95	.06	.31	.31	.01	.03
21	3	2	{6}	.03	.02	.00	.01	.10	.95	.31	.05	.48	.01	.17	.11	.01	.01
21	4	1	{7}	.01	.06	.00	.01	.51	.61	.66	.11	.88	.01	.21	.39	.03	.03
21	4	2	{8}	.00	.21	.00	.57	.77	.16	.61	.43	.36	.39	.89	.91	.56	.55
21	5	1	{9}	.05	.03	.00	.05	.16	.77	.15	.08	.73	.03	.51	.51	.05	.01
21	5	2	{10}	.00	.43	.00	.17	.87	.07	.10	.81	.51	.40	.67	.73	.11	.39
21	6	1	{11}	.01	.01	.00	.01	.08	.99	.31	.01	.46	.01	.16	.13	.01	.01
21	6	2	{12}	.00	.46	.00	.61	.83	.06	.37	.86	.19	.43	.63	.60	.17	.15
21	7	1	{13}	.10	.00	.01	.00	.03	.48	.13	.01	.39	.00	.05	.01	.00	.00
21	7	2	{14}	.00	.48	.00	.61	.67	.01	.37	.91	.13	.67	.40	.46	.60	.46
28	1	1	{15}		.00	.33	.00	.00	.01	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00
28	1	2	{16}	.00		.00	.91	.16	.01	.16	.67	.06	.96	.31	.36	.86	.80
28	2	1	{17}	.33	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
28	2	2	{18}	.00	.91	.00		.10	.01	.13	.61	.05	.95	.37	.31	.91	.87
28	3	1	{19}	.00	.16	.00	.10		.08	.17	.71	.56	.16	.77	.81	.37	.33
28	3	2	{20}	.01	.01	.00	.01	.08		.31	.01	.46	.01	.16	.13	.01	.01
28	4	1	{21}	.00	.16	.00	.13	.17	.31		.30	.61	.11	.63	.48	.15	.10
28	4	2	{22}	.00	.67	.00	.61	.71	.01	.30		.11	.61	.43	.48	.67	.61
28	5	1	{23}	.01	.06	.00	.05	.56	.46	.61	.11		.06	.26	.33	.05	.01
28	5	2	{24}	.00	.96	.00	.95	.15	.01	.11	.61	.06		.39	.33	.80	.83
28	6	1	{25}	.00	.31	.00	.37	.77	.16	.63	.43	.36	.39		.81	.56	.55
28	6	2	{26}	.00	.36	.00	.31	.81	.13	.48	.48	.33	.33	.81		.39	.56
28	7	1	{27}	.00	.86	.00	.91	.37	.01	.15	.67	.05	.80	.56	.39		.81
28	7	2	{28}	.00	.80	.00	.87	.33	.01	.10	.61	.01	.83	.55	.56	.81	
36	1	1	{29}	.00	.77	.00	.81	.31	.01	.08	.19	.03	.80	.50	.51	.89	.96
36	1	2	{30}	.00	.89	.00	.85	.61	.05	.19	.76	.08	.86	.36	.11	.78	.71
36	2	1	{31}	.00	.66	.00	.60	.75	.01	.30	.99	.16	.63	.41	.48	.66	.61
36	2	2	{32}	.00	.15	.00	.37	.91	.10	.40	.67	.37	.38	.81	.88	.31	.30
36	3	1	{33}	.11	.00	.01	.00	.03	.48	.13	.01	.39	.00	.06	.01	.00	.00
36	3	2	{34}	.15	.00	.03	.00	.05	.61	.10	.01	.53	.00	.01	.03	.00	.00
36	4	1	{35}	.72	.00	.35	.00	.00	.07	.00	.00	.05	.00	.00	.00	.00	.00
36	4	2	{36}	.00	.87	.00	.93	.11	.01	.16	.66	.06	.97	.30	.31	.88	.81
36	5	1	{37}	.01	.01	.00	.01	.08	.96	.30	.01	.63	.01	.16	.15	.01	.01
36	5	2	{38}	.00	.66	.00	.61	.71	.01	.30	.99	.11	.61	.43	.48	.67	.61
36	6	1	{39}	.00	.46	.00	.61	.19	.00	.06	.33	.01	.48	.15	.11	.66	.70
36	6	2	{40}	.00	.67	.00	.65	.70	.01	.39	.99	.11	.66	.45	.48	.48	.43
36	7	1	{41}	.00	.08	.00	.10	.01	.00	.00	.01	.00	.08	.01	.01	.11	.15
36	7	2	{42}	.00	.51	.00	.56	.17	.00	.01	.30	.01	.51	.10	.15	.60	.66

CONC	TRAT_SUP	CHAP		{29}	{30}	{31}	{32}	{33}	{34}	{35}	{36}	{37}	{38}	{39}	{40}	{41}	{42}
21	1	1	{1}	.05	.06	.10	.51	.36	.20	.03	.01	.66	.10	.01	.10	.00	.01
21	1	2	{2}	.05	.06	.15	.53	.33	.39	.03	.06	.61	.11	.01	.11	.00	.01
21	2	1	{3}	.05	.06	.11	.55	.36	.39	.03	.01	.61	.11	.01	.10	.00	.01
21	2	2	{4}	.30	.36	.45	.80	.05	.01	.00	.39	.16	.45	.11	.51	.01	.10
21	3	1	{5}	.03	.07	.11	.36	.30	.51	.00	.06	.56	.13	.01	.13	.00	.01
21	3	2	{6}	.01	.02	.05	.11	.44	.18	.07	.02	.95	.04	.00	.05	.00	.00
21	4	1	{7}	.05	.06	.11	.53	.33	.39	.03	.01	.65	.11	.01	.11	.00	.01
21	4	2	{8}	.51	.36	.41	.81	.05	.01	.00	.30	.16	.43	.15	.45	.01	.10
21	5	1	{9}	.01	.01	.08	.17	.15	.36	.01	.03	.76	.08	.00	.07	.00	.00
21	5	2	{10}	.39	.60	.85	.83	.05	.01	.00	.41	.06	.81	.51	.80	.05	.51
21	6	1	{11}	.01	.05	.01	.10	.47	.61	.07	.01	.97	.01	.00	.01	.00	.00
21	6	2	{12}	.10	.63	.86	.78	.05	.01	.00	.46	.06	.86	.56	.81	.05	.53
21	7	1	{13}	.00	.00	.01	.03	.99	.88	.18	.00	.48	.01	.00	.01	.00	.00
21	7	2	{14}	.43	.77	.83	.63	.01	.01	.00	.48	.03	.91	.36	.96	.01	.30
28	1	1	{15}	.00	.00	.00	.00	.11	.15	.72	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00
28	1	2	{16}	.77	.89	.66	.15	.00	.00	.00	.87	.01	.66	.56	.67	.08	.51
28	2	1	{17}	.00	.00	.00	.00	.01	.03	.35	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
28	2	2	{18}	.81	.85	.60	.37	.00	.00	.00	.93	.01	.61	.61	.65	.10	.56
28	3	1	{19}	.31	.61	.75	.91	.03	.05	.00	.11	.08	.71	.19	.70	.01	.17
28	3	2	{20}	.01	.05	.01	.10	.48	.61	.07	.01	.96	.01	.00	.01	.00	.00
28	4	1	{21}	.08	.19	.30	.40	.13	.10	.00	.16	.30	.30	.06	.39	.00	.01
28	4	2	{22}	.19	.76	.99	.67	.01	.01	.00	.66	.01	.99	.33	.99	.01	.30
28	5	1	{23}	.03	.08	.16	.37	.39	.53	.05	.06	.63	.11	.01	.11	.00	.01
28	5	2	{24}	.80	.86	.63	.38	.00	.00	.00	.97	.01	.61	.48	.66	.08	.51
28	6	1	{25}	.50	.36	.41	.81	.06	.01	.00	.30	.16	.43	.15	.45	.01	.10
28	6	2	{26}	.51	.11	.48	.88	.01	.03	.00	.31	.15	.48	.11	.48	.01	.15
28	7	1	{27}	.89	.78	.66	.31	.00	.00	.00	.88	.01	.67	.66	.48	.11	.60
28	7	2	{28}	.96	.71	.61	.30	.00	.00	.00	.81	.01	.61	.70	.45	.15	.66
36	1	1	{29}		.69	.19	.39	.00	.00	.00	.79	.01	.19	.75	.40	.15	.67
36	1	2	{30}	.69		.71	.18	.00	.00	.00	.88	.05	.71	.19	.76	.07	.16
36	2	1	{31}	.19	.71		.67	.01	.01	.00	.66	.01	.99	.33	.96	.01	.39
36	2	2	{32}	.39	.18	.67		.03	.05	.00	.10	.10	.67	.17	.66	.01	.16
36	3	1	{33}	.00	.00	.01	.03		.88	.19	.00	.47	.01	.00	.01	.00	.00
36	3	2	{34}	.00	.00	.01	.05	.88		.30	.00	.61	.01	.00	.01	.00	.00
36	4	1	{35}	.00	.00	.00	.00	.19	.30		.00	.07	.00	.00	.00	.00	.00
36	4	2	{36}	.79	.88	.66	.10	.00	.00	.00		.01	.66	.47	.66	.08	.53
36	5	1	{37}	.01	.05	.01	.10	.47	.61	.07	.01		.01	.00	.01	.00	.00
36	5	2	{38}	.19	.71	.98	.67	.01	.01	.00	.66	.01		.33	.99	.01	.30
36	6	1	{39}	.75	.19	.33	.17	.00	.00	.00	.47	.00	.33		.31	.51	.95
36	6	2	{40}	.40	.76	.96	.66	.01	.01	.00	.66	.01	.99	.31		.01	.30
36	7	1	{41}	.15	.07	.01	.01	.00	.00	.00	.08	.00	.01	.51	.01		.55
36	7	2	{42}	.67	.16	.39	.16	.00	.00	.00	.56	.00	.30	.95	.30	.55	

F.5. Aderência – Estudo Efetivo – somente chapisco convencional

Legenda:

Concreto		Tratamento superficial	
fck	**fcj**		
21	25	**1**	Com desmoldante sem tratamento
28	35	**2**	Com desmoldante lavado frio
35	45	**3**	Com desmoldante lavado quente
		4	Sem desmoldante sem tratamento
		5	Sem desmoldante lavado frio
		6	Sem desmoldante escovado
		7	Sem desmoldante lixado
		8	Sem desmoldante apicoado

F.5.1 – nível de resistência do concreto

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: CONC

CONC	TRAT_SUP		{1} ,2380439	{2} ,2221727	{3} ,1653868
21	....	{1}		,292020	,000013
28	....	{2}	,292020		,000170
35	....	{3}	,000013	,000170	

F.5.2 – tratamentos superficiais

GENERAL MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
MAIN EFFECT: TRAT_SUP

CONC	TRAT_SUP		{1} ,2019137	{2} ,2082805	{3} ,1548824	{4} ,2078402	{5} ,2033754	{6} ,1974974	{7} ,2546455	{8} ,2398407
....	1	{1}		,817553	,070066	,822560	,952615	,857520	,059643	,174232
....	2	{2}	,817553		,056264	,985728	,852773	,704215	,074255	,199456
....	3	{3}	,070066	,056264		,053623	,071212	,083177	,000186	,001665
....	4	{4}	,822560	,985728	,053623		,855974	,707604	,082140	,221915
....	5	{5}	,952615	,852773	,071212	,855974		,823988	,062261	,179722
....	6	{6}	,857520	,704215	,083177	,707604	,823988		,043168	,135593
....	7	{7}	,059643	,074255	,000186	,082140	,062261	,043168		,547241
....	8	{8}	,174232	,199456	,001665	,221915	,179722	,135593	,547241	

F.5.3 – tratamentos superficiais x nível de resistência do concreto

GENERAL
MANOVA

Probabilities for Post Hoc Tests
INTERACTION: 1 x 2

CONC	TRAT_SUP		{1} .2274	{2} .2091	{3} .1992	{4} .2245	{5} .2367	{6} .2239	{7} .2661	{8} .3221	{9} .2157	{10} .2725	{11} .1305	{12} .1945	{13} .2127	{14} .2525	{15} .2651	{16} .2415	{17} .1625	{18} .1441	{19} .1323	{20} .2144	{21} .1648	{22} .1160	{23} .2326	{24} .1553
21	1	{1}		.71	.69	.95	.91	.94	.45	.08	.31	.33	.07	.41	.77	.61	.45	.77	.22	.11	.07	.79	.23	.03	.90	.17
21	2	{2}	.71		.33	.74	.64	.75	.23	.03	.37	.23	.14	.61	.91	.40	.23	.53	.35	.20	.14	.39	.36	.07	.64	.29
21	3	{3}	.69	.33		.62	.53	.62	.21	.02	.74	.17	.19	.73	.77	.32	.22	.43	.44	.27	.19	.75	.45	.10	.52	.37
21	4	{4}	.95	.74	.62		.96	.99	.42	.05	.35	.36	.03	.44	.81	.53	.42	.73	.23	.12	.03	.33	.25	.04	.96	.19
21	5	{5}	.91	.64	.53	.96		.96	.50	.07	.74	.43	.06	.36	.70	.66	.50	.94	.19	.09	.06	.72	.20	.03	1.0	.15
21	6	{6}	.94	.75	.62	.99	.96		.42	.05	.35	.35	.03	.44	.32	.53	.42	.73	.23	.12	.03	.34	.25	.04	.96	.19
21	7	{7}	.45	.23	.21	.42	.50	.42		.22	.34	.33	.01	.12	.32	.77	.93	.61	.05	.02	.01	.33	.05	.00	.50	.04
21	8	{8}	.08	.03	.02	.05	.07	.05	.22		.04	.24	.00	.01	.03	.15	.23	.10	.00	.00	.00	.04	.00	.00	.07	.00
23	1	{9}	.31	.37	.74	.35	.74	.35	.34	.04		.23	.11	.53	.95	.49	.34	.61	.30	.17	.11	.93	.31	.05	.73	.25
23	2	{10}	.33	.23	.17	.36	.43	.35	.33	.24	.23		.01	.10	.26	.67	.37	.53	.04	.01	.01	.27	.04	.00	.43	.03
23	3	{11}	.07	.14	.19	.03	.06	.03	.01	.00	.11	.01		.30	.12	.02	.01	.04	.54	.30	.99	.11	.52	.70	.06	.63
23	4	{12}	.41	.61	.73	.44	.36	.44	.12	.01	.53	.10	.30		.55	.20	.13	.23	.63	.41	.30	.54	.64	.13	.36	.55
23	5	{13}	.77	.91	.77	.81	.70	.82	.32	.03	.95	.26	.12	.55		.45	.32	.53	.31	.13	.12	.97	.32	.06	.70	.26
23	6	{14}	.61	.40	.32	.53	.66	.53	.77	.15	.43	.67	.02	.20	.45		.77	.30	.09	.04	.02	.47	.10	.01	.63	.07
23	7	{15}	.45	.23	.22	.42	.50	.42	.93	.23	.34	.37	.01	.13	.32	.77		.61	.05	.02	.01	.33	.05	.00	.51	.04
23	8	{16}	.77	.53	.43	.73	.94	.73	.61	.10	.61	.53	.04	.23	.53	.30	.61		.14	.06	.04	.60	.15	.02	.35	.11
35	1	{17}	.22	.35	.44	.23	.19	.23	.05	.00	.30	.04	.54	.63	.31	.09	.05	.14		.69	.53	.30	.96	.35	.13	.37
35	2	{18}	.11	.20	.27	.12	.09	.12	.02	.00	.17	.01	.30	.41	.13	.04	.02	.06	.69		.79	.17	.67	.56	.09	.73
35	3	{19}	.07	.14	.19	.03	.06	.03	.01	.00	.11	.01	.99	.30	.12	.02	.01	.04	.53	.79		.11	.52	.71	.06	.62
35	4	{20}	.79	.39	.75	.33	.72	.34	.33	.04	.93	.27	.11	.54	.97	.47	.33	.60	.30	.17	.11		.32	.06	.72	.25
35	5	{21}	.23	.36	.45	.25	.20	.25	.05	.00	.31	.04	.52	.64	.32	.10	.05	.15	.96	.67	.52	.32		.34	.19	.35
35	6	{22}	.03	.07	.10	.04	.03	.04	.00	.00	.05	.00	.70	.13	.08	.01	.00	.02	.35	.56	.71	.06	.34		.02	.42
35	7	{23}	.90	.64	.52	.96	1.0	.96	.50	.07	.73	.43	.06	.36	.70	.63	.51	.35	.13	.09	.06	.72	.19	.02		.15
35	8	{24}	.17	.29	.37	.19	.15	.19	.04	.00	.25	.03	.63	.55	.26	.07	.04	.11	.37	.73	.62	.25	.35	.42	.15	

ANEXO 1 – Ângulo de Contato, Tensão Superficial e Tensão Interfacial

A.1. ÂNGULO DE CONTATO

As superfícies de um líquido e de um sólido com o qual o líquido está em contato formam entre si um ângulo designado por "ângulo de contato". O valor deste ângulo depende da competição entre as *forças de coesão*[28] líquido-líquido e as *forças de adesão*[29] líquido-sólido (FIOLHAIS, 2007).

O ângulo de contato "θ" é então o ângulo formado entre a tangente da superfície do líquido e uma superfície horizontal.

WOLF (2006) ao analisar seus resultados de simulações de interfaces sólido/líquido, notou que o aumento das forças de adesão leva a um menor ângulo de contato, e que a partir da variação das forças de adesão, qualquer ângulo de contato entre 0 e 180º pode ser simulado.

BICO (2000) citando a experiência de Johnson e Dettre[30], que mediram os ângulos de contato de uma gota da água em uma superfície hidrofóbica de cera, cuja aspereza, muito importante no começo, fosse atenuada gradualmente com o aquecimento do material, comentou que apesar da dificuldade em quantificar a evolução da rugosidade, o efeito nos ângulos do contato foi considerável. Esse assunto será melhor discutido posteriormente, no subitem Rugosidade, ou seja, apesar da cera ser um material hidrofófico, ficou comprovado que a rugosidade pode influenciar essa propriedade.

O ângulo de contato de uma interface líquida depende apenas das propriedades físicas dos meios de contato (sólido e fluido). Considere-se o caso de uma gota de fluido em contato com um sólido e num meio de vapor. A linha pela qual as três fases se encontram, é denominada "linha de contato". As tensões superficiais resultantes das interações entre os

[28] Sólidos e líquidos resistem a esforços de tração; este fato da experiência revela forças de atração entre os corpúsculos (átomos ou moléculas) que compõem o corpo ensaiado; mesmo em gases e vapores, existem débeis forças de atração entre os corpúsculos (efeito Joule -Thompson). Tais forças de atração exercidas entre corpúsculos da **mesma espécie química** são denominadas **forças de coesão**(NETTO, 2007).

[29] Esforços de tração crescentes aplicados a um corpo alongam-no até rompe-lo; isto demonstra que as forças de coesão diminuem rapidamente à medida que aumenta a distância entre os corpúsculos. Forças de atração entre corpúsculos de **espécies químicas diferentes** são denominadas **forças de adesão** (NETTO, 2007).

[30] Johnson, R.E. & Dettre R.H. **Contact Angle**, in Wettability and Adhesion, Adv. Chem. Ser., **43**, 112 (1964)

três meios (sólido, líquido e vapor), representadas por σ_{lv}, σ_{sl}, σ_{sv}, para as interfaces líquido-vapor, sólido-líquido e sólido-vapor, respectivamente, são as responsáveis pelas forças superficiais, que agem tangencialmente na interface. O ângulo de contato θ é determinado a partir de um balanço de forças devido as tensões superficiais ao longo da linha de contato. (MANTELLI, 2007)

A autora explica que uma diminuição deste ângulo representa um espalhamento do líquido, aumentando a área da interface entre sólido-líquido. Portanto, uma redução no ângulo de contato entre a superfície de uma material sólido (por exemplo, substrato) e a superfície de um líquido (por exemplo, argamassa fresca) poderia aumentar a aderência no estado fresco entre ambos, levando-se em consideração um conjunto de outras variáveis otimizadas conforme já afirmado por CARASEK, 1996.

A.2. TENSÃO SUPERFICIAL

O fenômeno da tensão superficial pode ser explicado com a hipótese de que a superfície externa de um líquido é formada por uma camada com espessura de algumas moléculas. Como as propriedades dessa camada diferem das da massa líquida em seu interior, é como se fossem duas fases em equilíbrio. Pode-se dizer que a superfície do líquido comporta-se como uma membrana elástica, de tal maneira que quando uma molécula da superfície é ligeiramente elevada, as ligações moleculares entre ela e as moléculas vizinhas são alongadas e há uma força restauradora que tende a recolocar a molécula deslocada de novo na superfície. A essa força chama-se tensão superficial. Um exemplo desse fenômeno é uma gota de água sob a ação da força da gravidade e presa a um fio. A gota não cai por causa do efeito da tensão superficial. Além disso, a gota tende a ser esférica, porque a tensão superficial “puxa” toda a parte superficial para dentro, minimizando sua área. Do ponto de vista da termodinâmica, entretanto, a tensão superficial pode ser interpretada em termos da energia das moléculas na região da superfície. Tanto a interpretação *mecânica* (em termos de forças) quanto a interpretação *termodinâmica* (baseada na energia) se presta à compreensão dos fenômenos de interface, particularmente a tensão superficial (BURKARTER 2006 citando diversos autores)

Moléculas de uma substância em sua fase líquida atraem umas as outras. Uma molécula de um líquido será atraída por outras moléculas ao seu redor e, na média, não experimentará nenhuma força resultante. Quando o líquido está em contato com outro meio (que pode ser

líquido, vapor ou sólido), as forças de atração sobre as moléculas situadas na superfície do líquido ou perto dela, não estarão mais em equilíbrio e estas sofrerão uma força resultante, normalmente na direção da superfície para o líquido, caso atração entre as moléculas no líquido forem mais fortes do que do líquido e o meio (que é o caso do contato entre o líquido e seu vapor). Devido à este efeito, o líquido tenderá a assumir um formato que apresente uma área mínima de superfície, que no caso de uma gota de água em queda livre no vácuo, será uma esfera. Devido a esta tendência espontânea de se contrair, a superfície do líquido se comporta como uma membrana de borracha sob tensão. Para se aumentar a área desta superfície, trabalho deve ser exercido no líquido. A energia associada a este trabalho é conhecida como energia livre superficial *E*, que dividida pela área superficial *A* recebe o símbolo σ_l, sendo denominada tensão superficial. (MANTELLI, 2007)

Na figura A.1, BICO (2000) dá dois exemplos de tensão superficial. Na figura 1 (a), tem-se a gota de água sobre uma superfície de vidro, com um ângulo de contato e uma tensão superficial maiores que o álcool, mostrado na figura 1 (b).

Figura A.1 – (a) Gota de água sobre uma superfície de vidro; (b) alcool sobre superfície de vidro. (BICO, 2000)

No caso das argamassas, pode-se fazer uma analogia ao se medir o Índice de Consistência, onde argamassas com maior espalhamento podem indicar um menor ângulo de contato e uma menor tensão superficial.

A tabela A.1 exemplifica alguns valores de Tensão Superficial para alguns líquidos em contato com o ar (JUNIOR, 2007):

Tabela A.1: Tensão Superficial para Líquidos em Contato com o Ar

Substância	Temperatura (℃)	σ (10^{-2} N/m)
Azeite	20	3,20
Glicerina	20	6,31
Água	60	6,62
Água	20	7,28
Água	0	7,56
Mercúrio	20	46,50

O autor ao tratar do assunto comentou ainda que os tensoativos reduzem a tensão superficial porque suas moléculas têm uma cabeça hidrofílica (com afinidade com a água) e uma cauda hidrofóbica (com pouca ou nenhuma afinidade com a água). A primeira adere às moléculas de água, quebrando suas atrações intermoleculares e permitindo a expansão da área de contato da água com a superfície que deve molhar.

Dessa forma, alguma alteração na composição de uma argamassa pode modificar a tensão superficial da mesma, como é o caso de alguns aditivos. A cal, quando adicionada a argamassas de cimento, diminui a sua tensão superficial, contribuindo para molhar a superfície dos agregados e do substrato, de modo mais efetivo (CORTEZ, 1999).

GONÇALVES (2004) corroborando o exposto por CARASEK (1996) também concluiu que dependendo da composição da argamassa e do tipo de substrato e tratamento nele aplicado, pode-se diminuir a tensão superficial de uma argamassa, facilitando-se a molhagem do substrato com a mesma. O autor citando KINLOCH (1987)[31], salienta também que a micro-rugosidade do substrato pode mudar o ângulo de contato de um adesivo, e só melhora o efeito da molhagem se o líquido exibir um baixo ângulo de contato, ou se a superfície for bem rugosa. CARASEK (1996) acrescenta ainda que esse fenômeno propicia um maior contato físico da pasta com os grãos de agregado e também com o substrato, melhorando assim a adesão.

O bem conhecido fenômeno de capilaridade também está diretamente relacionado com a existência de tensão superficial e da interação líquido-sólido. (FIOLHAIS, 2007).

A.3. TENSÃO INTERFACIAL

Da discussão sobre tensão superficial, uma das conclusões é a de que as partículas na superfície do material experimentam apenas forças dirigidas para dentro do líquido. Devido a isto, as superfícies são sempre regiões de maior energia. E é justamente a diferença entre as energias das espécies na superfície e no interior do material que se denomina energia de superfície ou tensão interfacial. A adesão de um material sobre outro será tanto melhor quando maiores forem as energias de superfícies envolvidas. BURKARTER (2006)

Segundo BEAR (1975), quando um líquido está em contato com outra substância (gás, sólido ou outro líquido não-miscível ao primeiro), existe uma energia interfacial presente

entre eles. Esta energia interfacial surge da diferença entre a atração das moléculas de cada fase e é chamada de tensão interfacial. A tensão interfacial entre um par de substâncias, define o montante de trabalho que deve ser realizado para separar uma unidade de área de uma substância da outra. O autor destaca que a tensão interfacial entre uma substância e seu próprio vapor, é chamada de tensão superficial, conforme comentado no item anterior.

Ao contrário da tensão superficial de um liquido, a tensão interfacial de um par de substâncias pode ser negativa; neste caso a energia potencial de coesão diminui à medida que a área da interface aumenta, e este aumento se produz espontaneamente por ser a adesão entre as moléculas mais intensa do que a coesão entre elas (NETTO 2007).

Na Figura A.2 são apresentados dois fluidos não-miscíveis em contato com uma superfície sólida.

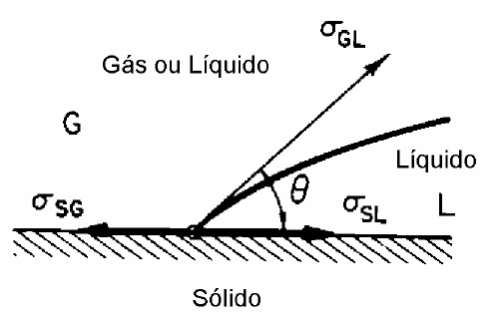


Figura A.2 - Tensão interfacial (Adaptado de BEAR, 1972 apud ISTASSE 2004)

Para a condição de equilíbrio:

$$\sigma_{SG} = \sigma_{SL} + \sigma_{GL}.\cos\theta \qquad \text{A.1}$$

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{SG} - \sigma_{SL}}{\sigma_{GL}} \qquad \text{A.2}$$

A equação A.2 é conhecida como “Equação de Young”.

o produto $\sigma_{GL}.\cos\theta$ é chamado de tensão de adesão, sendo estes valores responsáveis pela determinação de qual fluido irá preferencialmente molhar o sólido, isto é, aderir ou se espalhar sobre ele (BEAR, 1975)

[31] KINLOCH, A. J. **Adhesion and adhesives:** science and technology. New York: Chapman and Hall, 1987. 441p.

Nota-se que na interação entre dois fluidos pode-se ter tanto o contato do ar presente na nas interfaces com a argamassa, como o desmoldante presente na superfície e porosidade do concreto com a argamassa.

NETTO (2007) afirma ainda que para muitos fins práticos, é desejável que as tensões superficial e interfacial sejam tão baixas quanto possível; como é o caso dos lubrificantes (que devem espalhar-se por todos os pontos das superfícies deslizantes);

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo