



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Silvia Trein Heimfarth Dapper

DESENVOLVIMENTO DE TEXTURA BIOINSPIRADA NO LÍQUEN *PARMOTREMA*
***PRAESOREDIOSUM* VISANDO A ADESÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO**
EM PAINÉIS DE CONCRETO

Porto Alegre

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Silvia Trein Heimfarth Dapper

**DESENVOLVIMENTO DE TEXTURA BIOINSPIRADA NO LÍQUEN *PARMOTREMA
PRAESOREDIOSUM* VISANDO A ADESÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO
EM PAINÉIS DE CONCRETO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Porto Alegre

2013

CIP - Catalogação na Publicação

Dapper, Silvia Trein Heimfarth
Desenvolvimento de textura bioinspirada no líquen
Parmotrema praesorediosum visando a adesão da
argamassa de revestimento em painéis de concreto /
Silvia Trein Heimfarth Dapper. -- 2013.
99 f.

Orientador: Wilson Kindlein Júnior.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Biônica. 2. Design. 3. Líquens. 4. Textura. 5.
Superfície de concreto. I. Kindlein Júnior, Wilson,
orient. II. Título.

Silvia Trein Heimfarth Dapper

**DESENVOLVIMENTO DE TEXTURA BIOINSPIRADA NO LÍQUEN
PARMOTREMA PRAESOREDIOSUM VISANDO A ADESÃO DA ARGAMASSA
DE REVESTIMENTO EM PAINÉIS DE CONCRETO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 19 de julho de 2013.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

Orientador

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Dr.^a Ângela Borges Masuero

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Roberto Iannuzzi

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família pelo apoio e incentivo quanto à realização deste mestrado acadêmico. Vocês mais do que ninguém sabem o quanto eu lutei e me preparei para a realização deste sonho, e sem vocês eu não poderia realizá-lo. Mamis, papis, vô, vó e manos, amo muito vocês. E vó Lya, eu sei que onde quer que tu estejas, olhas por mim. E é por ti que consigo vencer todos os obstáculos que me deparo. A saudade é imensurável.

Gostaria de agradecer ao professor Wilson Kindlein Júnior, por ter me acolhido como sua orientanda e por sempre me dar todo o apoio para o crescimento profissional e pessoal. Além de um grande professor, és também um grande amigo e um exemplo importantíssimo para a minha vida, da pessoa que um dia eu quero ser. És muito admirável e eu sempre serei agradecida pelas oportunidades que tens me dado. Sendo muito sincera, não cabe em palavras o quanto sou agradecida por fazeres parte da minha caminhada.

Agradecer a toda equipe do Laboratório de Design de Seleção de Materiais, minha segunda família e minha segunda casa. Principalmente à Lara Elena Gomes e ao Professor Fábio Pinto da Silva, pela assessoria que me ajudou a desenvolver esta pesquisa. Também ao pessoal que me ajudou a carregar meus pequenos e “leves” blocos de concreto. Valeu, literalmente, a força.

Ao pessoal do NORIE, gostaria de agradecer pela atenção e disponibilidade em me ajudar na inserção nesta área tão diferenciada dentro do Design, e que tem me feito criar uma nova paixão: a engenharia civil. Um agradecimento especial à Professora Ângela Borges Masuero, que me abriu os olhos para a possibilidade desta pesquisa, à Carina Stolz, por me dar dicas importantes que me auxiliaram a iniciar este trabalho, ao seu Gilmar e ao Airton cujos nem tenho palavras pra expressar tamanha gratidão. Todos vocês me acolheram de forma maravilhosa, e serei eternamente agradecida pela dedicação que tiveram a mim e ao meu estudo.

Aos meus amigos de longa data por me compreenderem quando eu simplesmente sumia. Espero que me perdoe por esses anos “inadimplentes”. Amo todos vocês: Juliana Andretta, Vanessa Zorgi, Júlia Schmidt, Rebecca Costa, Quetini Linck e Fernanda Zenglein. Sem esquecer os meninos Juliano Badera e Josias Panassal.

Aos novos amigos que fiz nesse período, em especial a Sara Copetti Klohn e Andresa Richetti. A amizade de vocês foi e é um presente para a minha vida! Vocês são demais.

Tamara Barbian, minha pupila, sabe o quanto eu fico feliz de estarmos novamente traçando nosso futuro profissional juntas! É uma pessoa muito amável, que eu admiro muito, minha amigona e, além de tudo, fotógrafa profissional da minha dissertação. Junto com a Natália Trarbach e Viviane Pestano, vocês arrasaram nos flashes. E Nati, obrigada por me proporcionar prazerosos momentos de pausa do trabalho, por acreditar em mim e por ser uma pessoa tão querida, amiga e especial.

Ao Sérgio Henrique Schüller pelo carinho e compreensão, por ter relevado meus dias “um pouco esquisita” e por estar ao meu lado nesse momento tão importante da minha vida.

Aos demais amigos que estiveram ao meu lado durante esses dois anos de trabalho: Diego Caiê Lopes, Fabrício Salce, Tatielle Haussen, Fabiana Dala Corte, Elisa Beretta, Anna Stolf, Zé, Ulisses, Rodolfo, Wagner, Adri, Mayara, Daia, Maristela, Dani, Sílvia... O que seria da vida sem amigos, mesmo que às vezes um pouco distantes?

Acredito, realmente, que todos vocês contribuíram e contribuem com uma parte deste trabalho, porque sempre, em algum momento, eu pude contar com vocês. Esse estudo não se fez só nos momentos em que baixei a cabeça e trabalhei, mas também nos momentos que pude contar com todos vocês. Nos momentos de alegria, de tristeza, vocês me deram amparo e me ajudaram a construir a estrutura emocional e me fez e faz seguir adiante. Minha eterna gratidão e meu muito obrigado à todos vocês.

Também gostaria de agradecer à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

A descoberta e o aprendizado das estratégias da natureza permitem ao homem ampliar as suas capacidades de invenções, através da absorção de informações, catalisação dos conhecimentos dos estudos biológicos dos elementos naturais e transformação em produtos e soluções para o dia-a-dia. Essa capacidade vem a ser chamado de biônica. Através da observação da natureza, percebeu-se que os líquens possuíam função de aderência. Neste sentido, utilizou-se esse elemento para projetar texturas com o intuito de melhorar a fixação da argamassa de revestimento sobre painéis de concreto. Assim sendo, foram utilizadas tecnologias de digitalização 3D para a aquisição dos dados topográficos do córtex inferior dos líquens, com o intuito de se criar um modelo capaz de ampliar a aderência da argamassa ao substrato. Esses dados resultaram em uma textura para a aplicação em moldes capazes de estampar o concreto. Os equipamentos utilizados para isso foram o escâner tridimensional a laser, o microscópio estereoscópico e o microscópio eletrônico de varredura. Para a gravação da textura no molde foi utilizado uma fresadora CNC. Após o molde confeccionado, foi possível realizar ensaios de resistência de aderência à tração, através da confecção do concreto texturizado e aplicação da argamassa. Foi testada a textura do Líquen em três diferentes níveis de escalas (100%, 87,5% e 62,5%) e comparadas à textura de Chapisco convencional. Os resultados obtidos com o ensaio mostraram que a utilização das texturas Líquens atendem as normas ABNT quanto à exigência de resistência de aderência à tração das argamassas de revestimento sobre as superfícies de concreto.

Palavras-chave: Biônica, Design, Líquens, Textura, Superfície de Concreto.

ABSTRACT

The discovery and learning of nature's strategies allow mankind to increase his invention capability, through absorbing information, catalyzing the knowledge of the biologic studies of natural elements and transforming it in products and solutions to the daily life. This capability is called bionics. Through the observation of nature, it was perceived that the lichens have an adherence function. This way, that element was used to design textures with the intention of improving the fixation of the mortar coating on concrete panels. Thus, 3D digitization technologies were used in the acquisition of topographic data of the lower cortex of lichens, with the intention of creating a model capable of increasing the mortar's adherence to the substratum. The data resulted in a texture for the application in molds capable of stamping the concrete. The equipment used for this were the three-dimensional laser scanner, the stereoscopic microscope and scanning electron microscope. For the imprinting of the texture in the mold was used a CNC milling machine. After the mold was done, it was possible to test the tensile bond strength, through the making of the textured concrete and mortar application. The Lichen's texture was tested in three different scale levels (100%, 87.5% and 62.5%) and compared to the texture of conventional Roughcast. The results obtained with the test show that utilizing lichens' textures meet the ABNT standards regarding the requirement of tensile bond strength of the mortar coating on concrete surfaces.

Keywords: Bionics, Design, Lichens, Texture, Concrete Surface.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Abordagens para a análise da superfície constituinte de um objeto.	25
Figura 2: o módulo.	26
Figura 3: exemplos de sistemas de repetição de módulos.....	27
Figura 4: Invenção do Velcro. A – Observação da característica do elemento natural carrapicho utilizando-se da analogia funcional. B – Coleta do carrapicho. C – Observação do carrapicho através da utilização de tecnologias (fotografia macro e utilização de microscópio). D – Criação do produto análogo. E – Produto final e validação (velcro, presente há mais de 70 anos no mercado).	30
Figura 5: esquema para a criação de uma roupa de natação de alto desempenho, inspirado na pele do tubarão.....	31
Figura 6: A - Folha de Lótus; B, C e D – Três diferentes imagens realizadas com um microscópio eletrônico de varredura (MEV) mostrando micro e nano estruturas morfológicas da folha de Lótus.....	32
Figura 7: Influência do ângulo de contato na molhabilidade de superfícies.	33
Figura 8: A – regime de Fakir; B – parede pintada com tinta auto-limpante inspirado no efeito Lótus; C – tecido que repele a água inspirado no efeito Lótus.	33
Figura 9: Estrutura dos líquens.....	35
Figura 10: <i>Parmotrema praesorediosum</i> (Nyl).	36
Figura 11: Superfícies de concreto lavado, curado aos 28 dias, de diferentes resistências à compressão. Percebe-se que quanto maior a resistência, menor a quantidade de poros aparentes. A – 25 MPa; B – 35 MPa; C – 45 MPa.....	37
Figura 12: tratamentos de superfície. A – chapisco convencional; B – chapisco desempenado; C – chapisco rolado.	39
Figura 13: modelos de configurações do tratamento da superfície de concreto.	41
Figura 14: Esquema representando as superfícies geométrica, específica e efetiva.	42
Figura 15: esquema (em cm) para a realização do ensaio de resistência de aderência à compressão.	43
Figura 16: formas de ruptura dos corpos-de-prova. A - ruptura na interface do revestimento com o substrato; B - ruptura na interface do revestimento com a cola; C	

- ruptura da argamassa de revestimento; D - ruptura do substrato; E - ruptura na interface da cola com a pastilha.	44
Figura 17: A – betoneira de eixo vertical. B – Caixa de queda; C – Vista superior da caixa de queda; D – colocação da argamassa na caixa de queda. D – argamassa sobre o substrato após lançamento sobre o painel de concreto.	51
Figura 18: Ensaio de resistência de aderência à tração: A – corte do prisma com a utilização de uma serra copo de 50 mm; B – colagem dos suportes; C – arrancamento das amostras.....	52
Figura 19: vista do córtex inferior do líquen. A – aumento de 7x. B – Aumento de 8x. Presença de vales e montanhas na superfície posterior do líquen, visualizado através de um microscópio estereoscópico.....	53
Figura 20: imagens em MEV. A – aumento de 30x. B – aumento de 100x. C – aumento de 250x. D – aumento de 500x.	54
Figura 21: A – resultado em nuvem de pontos da digitalização tridimensional do córtex inferior do líquen. B – transformação da nuvem de pontos em malha.....	54
Figura 22: A – malha no software Blender 2.5. B - extração de uma parte da textura do líquen. C – detalhe parte extraída.	55
Figura 23: Repetição dos módulos para a formação da textura da superfície.	55
Figura 24: imagem vista superior da textura final.....	56
Figura 25: Textura modular extraída do líquen no software ArtCam®. A - Vista ortográfica em 3D. B - Vista ortográfica em 3D ampliada. C - Vista de topo em 2D.	56
Figura 26: Usinagem CNC. A – Desbaste; B – Acabamento.	57
Figura 27: usinagem da textura líquen na chapa de PMMA.....	57
Figura 28: chapa de acrílico usinada com a textura do líquen em escala% 62,5 com profundidade máxima de 2,5 mm.....	57
Figura 29: chapa de acrílico usinada com a textura do líquen em escala 87,5%. Profundidade máxima de 3,5 mm.....	58
Figura 30: chapa de acrílico usinada com a textura do líquen em tamanho real (profundidade máxima de 4 mm).....	58
Figura 31: aplicação do chapisco nas placas lisas.....	59
Figura 32: acabamentos das superfícies de concreto: A – Chapisco; B – Líquen 100% (tamanho real do líquen); C – Líquen 87,5% (redução do líquen para uma profundidade de textura em 3,5mm); D – Líquen 62,5% % (redução do líquen para uma profundidade de textura em 2,5mm).	60

Figura 33: Painéis de concreto moldados e preparados para o recebimento da argamassa de revestimento. Painéis em conformidade com a NBR 13528 (ABNT, 1995).	61
Figura 34: amostras rompidas com chapisco na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP1; B – CP2; C – CP3; D – CP4.	65
Figura 35: amostras rompidas com a textura do Líquen 100% na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP21; B – CP22; C – CP23; D – CP24. .	66
Figura 36: amostras rompidas com a textura do Líquen 87,5% na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP25; B – CP26; C – CP27; D – CP28. .	67
Figura 37: amostras rompidas com a textura do Líquen 62,5% na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP43; B – CP44; C – CP46; D – CP48. .	68
Figura 38: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com chapisco na interface concreto/argamassa de revestimento. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000µm. A – 1: 5,08mm. 2: 5,2mm. 3: 5,9mm. 4: 6,3mm; B – 5: 5mm. 6: 4,3mm. 7: 4,9mm. 8: 3,4mm. C - 9: 6,2mm. 10: 4,66mm. 11: 4,4mm. 12: 4,2mm.	70
Figura 39: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com a textura Líquen 100% gravada na superfície do substrato de concreto. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000µm.	70
Figura 40: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com a textura Líquen 87,5% gravada na superfície do substrato de concreto. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000µm.	71
Figura 41: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com a textura Líquen 62,5% gravada na superfície do substrato de concreto. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000µm.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: proporcionamento utilizado para a confecção do substrato de concreto. ...	49
Tabela 2: resultados de resistência à compressão do concreto.....	61
Tabela 3: resultado de resistência à compressão e tração na flexão da argamassa.	62
Tabela 4: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para as rugosidades estudadas.	63

LISTA DE ABREVIATURAS

CP II Z – Cimento Portland composto com pozolana

CP IV - Cimento Portland Pozolânico

CP V ARI - Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais

MDF - *Medium Density Fiberboard*

MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PMMA - Acrílico - polimetil-metacrilato

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO.....	16
1.2 HIPÓTESE.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 JUSTIFICATIVA.....	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 DESIGN DE SUPERFÍCIE.....	22
2.1.1 Princípios do Design de superfície	26
2.2 BIÔNICA	27
2.2.1 Elementos da natureza e suas superfícies funcionais.....	30
2.2.1.1 Efeito pele de tubarão	31
2.2.1.2 Efeito Lótus	32
2.3 OS LÍQUENS E SUAS PROPRIEDADES DE FIXAÇÃO.....	34
2.4 PAINÉIS DE CONCRETO	36
2.4.1 Tratamentos de superfície de painéis de concreto.....	38
2.5 ADESÃO E ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS	40
2.5.1 Adesão Mecânica.....	41
2.5.2 Resistência de aderência à tração	43
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL	45
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS DO ESTUDO	45
3.1.1 Seleção da amostra	46
3.1.2 Coleta da amostra	46
3.1.3 Observação da amostra	46

3.1.4 Parametrização	47
3.1.5 Aplicação Projetual.....	48
3.1.6 Validação do estudo	48
3.1.6.1 Painéis de concreto	49
3.1.6.2 Chapisco	49
3.1.6.3 Argamassa de revestimento.....	50
3.1.6.4 Ensaio de resistência de aderência à tração.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO	53
4.1 ANÁLISE DO ELEMENTO LIQUENOSO E DESENVOLVIMENTO DE TEXTURA ADERENTE BIOINSPIRADA	53
4.2 FABRICAÇÃO DOS PRISMAS E CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO UTILIZADO NA CONFECÇÃO DO SUBSTRATO.....	59
4.3 FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO UTILIZADA NA CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS.....	62
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA ADERÊNCIA À TRAÇÃO	62
4.5 ANÁLISE DE INTERFACE ARGAMASSA/SUBSTRATO DE CONCRETO COM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO.....	69
5. CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE 1	84
APÊNDICE 2.....	88
ANÁLISE DA INTERFACE SUBSTRATO/ARGAMASSA ATRAVÉS DA DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL A LASER.....	89
ANEXO 1.....	93

1. INTRODUÇÃO

A biônica, segundo Kindlein & Guanabara (2005), pesquisa nos sistemas naturais, estruturas, processos, funções, organizações e relações, a fim de aplicar essas propriedades em mecanismos de soluções de problemas de engenharia, por meio da criação de novos produtos e redesign de produtos existentes que possuam problemas técnicos. Essa atividade parte do princípio da evolução das espécies, ocorrida durante milhares de anos, resultou na seleção natural de indivíduos e espécies que sobreviveram, por apresentarem adaptações satisfatórias intrínsecas ao meio ambiente. Através da evolução, a natureza pôde experimentar inúmeras formas e funções nos organismos antes mesmo do homem aprender a manipular as rochas, ossos e chifres para a fabricação dos seus primeiros objetos.

Existem diversas funções que podem ser observadas nos sistemas naturais a fim de se aplicar no desenvolvimento de produtos, tais como, as macros e micros estruturas que estes bioelementos podem apresentar, seus materiais, funções mecânicas e químicas, além das proporções matemáticas, capazes de agregar função com valor estético.

Dentre as funções mecânicas, pode-se classificar algumas que são mais facilmente encontradas na natureza, como aderir, aerodinamizar, deslizar, estruturar, fixar, movimentar, puxar, planar, unir, entre outras (RAMOS & SELL, 1994). Já o Laboratório de Design e Seleção de materiais apresenta no Cd Biônica (LdSM, 2001) essas mesmas propriedades e mais algumas, como agarre (captura de presas e aderência em superfícies), recepção (captação de sinais com a funcionalidade de defesa), transmissão (sons para reconhecimento de ambiente), estrutura (mecanismos de resistência a intempéries), proteção (mecanismos de defesa), mimetismo (mecanismo de defesa para se tornar despercebido pelo predador ou impressionar para acasalamento), textura (funções sensoriais, proteção), sustentação (permite a integridade do sistema natural), fixação (permite firmeza, estabilidade e resistência às intempéries), entre outras. Todas essas funções são passíveis de serem estudadas para a aplicação em projetos de produtos que apresentam alguma dessas necessidades. Neste trabalho, foi realizada a busca de bioelemento da natureza que apresentasse a função de aderência, no intuito de

melhorar a fixação da argamassa¹ em placas de concreto utilizadas na construção civil.

A escolha do tema que rege este trabalho baseou-se em estudo de bibliografias sobre o fenômeno de aderência de argamassas de revestimentos em superfícies de concreto, principalmente quanto à influência de aderência com a rugosidade do substrato. Faz-se importante o estudo desse tema para tornar essa atividade mais controlada tecnologicamente, devido à necessidade da confecção de chapisco nos painéis de concreto. O chapisco é um processo que busca melhorar a resistência de aderência à tração da argamassa no substrato de concreto (SILVA & LIBÓRIO, 2002) por atribuir uma rugosidade à placa que possui uma superfície lisa, porém, é feito de forma manual, sem controle técnico de aplicação sobre o substrato de concreto. Dessa forma, essa dissertação estudou a possibilidade de dispensar a aplicação do chapisco, devido ao fato de que os painéis de concreto são fabricados em fôrmas que podem atribuir um formato com rugosidade, através da aplicação de textura no molde.

Sendo assim, esse trabalho contribuiu aos estudos de aderência das argamassas de revestimentos em concretos estruturais através da aplicação de textura bioinspirada com função aderente em moldes dos concretos. Para isso, através de estudos análogos, percebeu-se o comportamento dos líquens, que buscam se fixar em diferentes superfícies para a sua sobrevivência, como rochas, telhas, materiais cerâmicos diversos e cascas de árvores. Essa função é similar com a aderência das argamassas de revestimento em substratos de concreto.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se o problema em questão a ser estudado, justifica-se a importância do tema abordado, bem como são apresentados os objetivos e a hipótese, delimitando a relevância do estudo.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica de assuntos pertinentes para a execução da pesquisa. Nele são definidos conceitos a cerca do Design de Superfície, da Biônica, dos líquens e suas propriedades de fixação, dos painéis de concretos, das superfícies de concreto e suas características e da adesão e aderência de revestimentos.

¹ Argamassa: “Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosadas em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)” (ABNT, 2005).

No terceiro capítulo está detalhado o projeto experimental do estudo, onde são especificadas as variáveis, os materiais e os métodos utilizados. No quarto capítulo são apresentados os resultados e realizadas as discussões do estudo.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e são feitas sugestões para projetos futuros.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

A perda de aderência da argamassa em superfícies de concreto nas edificações manifesta-se pelo destacamento ou perda de coesão dos materiais constituintes. Quando essas anomalias ocorrem, degradam a qualidade visual do edifício, constituem em risco para os usuários e população frequentadora dos arredores da edificação, além de prejudicar as funções atribuídas aos revestimentos de argamassas, como assegurar a proteção contra as intempéries, ações mecânicas, químicas e biológicas, relevantes na durabilidade dos edifícios (GASPAR, FLORES-COLEN, & BRITO, 2007) (MAGALHÃES, 2002). As argamassas de revestimento ainda desempenham os papéis de auxiliar na vedação das edificações, bem como contribuir com os isolamentos acústicos (STOLZ, 2011). Todos esses fatores fazem da argamassa de revestimento um dos produtos mais utilizados pela construção civil, implicando na importância do aprofundamento de estudos sobre a sua utilização e durabilidade.

Em muitos veículos de comunicação percebe-se que o destacamento da argamassa é um problema usual, como apontado nas notícias apresentadas no anexo 1.

Apesar dos inúmeros incidentes que envolvem o destacamento das argamassas, ainda sim, o conhecimento científico e a prática construtiva não apresentam sintonia na execução de projetos. Isso pode ocorrer, em parte, de conceitos dúbios ou contraditórios assumido por pesquisas eminentemente tecnológicas ou descaso dado ao tema (LEAL, 2003).

A falta de controle tecnológico e conhecimento técnico no desenvolvimento de muitas das edificações resultam no aparecimento de patologias e muitos trabalhos nacionais têm voltados os estudos para entender o comportamento físico,

químico e reológico que caracterizam as argamassas de revestimento. Esses estudos têm como objetivo diminuir as manifestações patológicas e ampliar o desempenho das argamassas de revestimento em situações diferentes de exposição e aplicação (STOLZ, 2011). Para isso, na construção civil, assim como diversos outros setores influenciados pela globalização, tem-se optado por modificações no processo produtivo, no intuito da diminuição de custos e aumento da eficiência e qualidade de produto, possibilitado com o avanço da tecnologia (OLIVEIRA, 2002).

Dentre os avanços tecnológicos ocorridos na construção civil, a industrialização tem sido destacada como uma evolução no processo de produção, caracterizando-se como uma racionalização construtiva. Essa racionalização construtiva define-se como

Um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases (SABBATINI & AGOPYAN, 1991).

Já, em 1979, Orlandi pontua que a industrialização permite a pré-fabricação, fora do canteiro de obras, de elementos que compõem a edificação e posteriormente são acoplados às obras em operações de montagens. Esse processo visa acelerar a construção das edificações, diminuição de custos de mão-de-obra, assim como também tem se relatado que é considerado um meio eficaz para reduzir os resíduos de construção produzidos no local, considerado um grande problema ambiental (BALDWIN, POON, SHEN, AUSTIN, & WONG, 2009). Em construções, concretos pré-fabricados e pré-moldados incluem-se armações de concreto, pisos, paredes, escadas, torres de elevadores, vigas de pontes, muros, entre outros.

Atualmente, as edificações tem apresentado uma mudança das estruturas de concreto, devido ao aumento da altura dos mesmos. Isso exigiria ou uma estrutura mais robusta, de maior seção, reduzindo a área útil das edificações, ou mantendo igual ou menor seção dos pilares, implicando necessariamente em um aumento da resistência à compressão. Essa última opção é a que vem sendo adotada pela indústria da construção, também por aumentar a vida útil das estruturas de concreto. Isso tem implicado em elementos estruturais mais esbeltos. Esse tipo de edificação acaba exigindo uma elevação da resistência do concreto,

propiciando substratos de baixa porosidade e, associado ao uso das fôrmas de maior desempenho, concretos com superfícies lisas e de difícil aderência do revestimento. Mesmo assim, poucas pesquisas têm sido desenvolvidas com o foco no substrato de concreto com revestimento argamassado (MOURA, 2007).

Contudo, para o substrato de concreto promover uma boa aderência à camada de revestimento, faz-se necessária a aplicação de uma camada de preparo da base: o chapisco. O chapisco busca promover uma camada de maior rugosidade e com maior capacidade e regularidade de absorção de água presente na argamassa de revestimento, responsável pela aderência mecânica no substrato de concreto (MOURA, 2007).

O chapisco é um trabalho posterior à moldagem do elemento de concreto e dividem-se em três grupos: convencional, desempenado e rolado. O chapisco convencional é aquele aplicado com a colher de pedreiro; o chapisco desempenado é aplicado com a desempenadeira dentada; e o chapisco rolado é aplicado com rolo de espuma (MOURA, 2007). Todos esses métodos são executados por um operário, que pode sofrer com fadiga ao longo do período de trabalho, o que influencia na força de aplicação do chapisco. O chapisco sendo aplicado com uma variação e/ou diminuição de força, pode fazer com que essa rugosidade não seja aderida adequadamente à superfície do concreto, causando o aparecimento de patologia como a queda da argamassa de revestimento. Esse trabalho visa utilizar-se de tecnologias atuais para eliminar a atividade de aplicação do chapisco na superfície de concreto, visando ampliar o controle técnico da rugosidade e a aderência da argamassa de revestimento. Através da inserção de texturas nas fôrmas é possível promover uma camada rugosa tão ou mais eficiente do que o chapisco na superfície do concreto, visando à resistência de aderência das argamassas de revestimento.

Assim sendo, esse trabalho busca utilizar-se de tecnologias de ponta (digitalização 3D, microscopias e usinagens CNC) para o desenvolvimento e fabricação de moldes capazes de texturizar o concreto em substituição a aplicação do chapisco em painéis de concreto. Para isso, buscou-se a inspiração no elemento natural Líquen, que possui a propriedade de se fixar em cascas de árvores, rochas, entre outros, sem a grande inserção de suas raízes na superfície. Desse modo, torna-se interessante apropriar-se dessa função do Líquen para a eliminação do chapisco do processo de construção de edificações, através da atribuição dos dados morfológicos desse ser vivo nas superfícies de concreto.

1.1.1 Problema de pesquisa

Este trabalho apresenta o seguinte problema de pesquisa: como produzir texturas na superfície do concreto de forma a eliminar a necessidade de aplicação do chapisco para a fixação da argamassa de revestimento?

1.2 HIPÓTESE

Através da aquisição da textura do córtex inferior de elemento liquenoso e reprodução em placas de concretos é possível proporcionar aderência satisfatória da argamassa de revestimento sem a necessidade de aplicação de argamassa de chapisco.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho visa à eliminação do chapisco do processo de construção através da aplicação da textura do córtex inferior de líquen na superfície de painéis de concreto. O estudo tem o intuito de verificar a capacidade de adesão que esta textura proporciona quando revestida às argamassas de revestimento, amplamente utilizadas na construção civil.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para a obtenção de sucesso na busca da realização do objetivo geral deste trabalho, foram delimitadas algumas metas específicas, sendo elas:

- gerar subsídios técnicos sobre a adesão das argamassas de revestimento em superfícies de concreto;

- descrever o processo metodológico para a aplicação dos conceitos de Biônica, visando à extração das informações de bioelementos para a resolução de problemas projetuais;
- extrair os dados morfológicos dos líquens para criação de texturas com capacidade aderente, em analogia à função do chapisco nas edificações;
- verificar a resistência de aderência à tração da argamassa sobre a textura extraída do córtex inferior do líquen em diferentes escalas;
- indicar a textura mais satisfatória inspirada no líquen, quanto a resistência de aderência a tração, para substituir a utilização do chapisco na construção.

1.4 JUSTIFICATIVA

O estudo se justifica devido às vantagens ambientais, econômicas e tecnológicas que trará para o processo de construção civil que se utiliza de painéis de concreto.

O projeto visa à eliminação da confecção do chapisco em painéis de concreto, que implica na redução de materiais utilizados na execução da obra, bem como a produção de resíduos. Do ponto de vista ambiental, este projeto auxilia na minimização do consumo de recursos naturais e energéticos. O alto consumo de matéria-prima faz do setor da construção civil um dos maiores impactantes ambientais. Dentro as matérias-primas utilizadas na confecção do chapisco pode-se citar o agregado miúdo (areia), que ao ser extraído de leitos de rios provoca a retirada da vegetação do ambiente e degrada os cursos d'água. O cimento, também utilizado no chapisco, é considerado ambientalmente prejudicial devido à alta emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Extraindo a confecção do chapisco, a utilização destes dois materiais será minimizada, implicando, também, num menor dispêndio econômico.

Dentre as vertentes econômicas que este projeto vem a beneficiar está a diminuição do tempo de execução de obra. Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1998), são necessários três dias de idade do chapisco para a aplicação do revestimento de

argamassa, podendo esse tempo ser diminuído para dois dias em lugares onde o clima é seco e com temperaturas acima de 30°C. Eliminando o processo de aplicação do chapisco, a obra economiza esses 2-3 dias de execução, pois o painel de concreto com a superfície rugosa já terá sofrido o processo de cura quando colocado na construção, além do tempo de preparação e aplicação da argamassa de chapisco. Isso implica também na diminuição de custos de mão-de-obra, quando não será mais necessário um operário para a execução dessa tarefa.

Nesse sentido, o estudo também se justifica pelas vantagens originadas da utilização de tecnologia. A aplicação de uma textura conhecida e estudada na superfície do painel de concreto impedirá que falhas ocorram devido à má aplicação do chapisco. O operário ao executar essa atividade acaba alterando a força de aplicação do chapisco quando o arremessa na superfície do painel de concreto, devido ao cansaço pelo esforço físico. A aplicação de textura aderente no próprio substrato de concreto, criada a partir do estudo da fixação dos Líquens, traz uma maior uniformidade da textura, evitando a influência de aplicação da rugosidade pelo pedreiro.

Portanto, este trabalho torna-se de grande relevância para o âmbito do Design e Engenharia Civil, tendo em vista que seus resultados podem vir a modificar o quadro atual da indústria da construção, diminuindo custos de mão-de-obra, tempo de execução e a qualidade das edificações quanto à aderência da argamassa ao substrato de concreto. Tendo a natureza como mentora para a execução deste trabalho, a fixação dos líquens vem a ser um diferencial para aprimorar o processo de construção de edificações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para este trabalho, a revisão bibliográfica aborda, em um primeiro momento, assuntos relacionados ao design de superfície e a biônica como ferramentas de efervescência criativa e funcional para o desenvolvimento e aprimoramento de produtos; e apresenta os líquens e suas propriedades de fixação como o elemento natural escolhido para o desenvolvimento desse estudo. No segundo momento, são abordados os assuntos pertinentes às superfícies de concreto e a resistência de aderência das argamassas de revestimento.

2.1 DESIGN DE SUPERFÍCIE

O termo Design de Superfície é abrangente e mais comumente relacionado às dimensões horizontais e verticais de um objeto, utilizado para denominar práticas relacionadas à produção industrial que envolve a criação de padrões com aplicação em superfícies contínuas, como na indústria têxtil, papel e cerâmica. Etimologicamente, superfície é uma palavra que deriva do latim (*super*, superior e *facies*, face) e está relacionada geometricamente ao conceito de área/face, definida por comprimento e largura, e figurativamente à parte externa dos corpos, à aparência (SCHWARTZ & NEVES, 2009). Como uma atividade que se encontra em expansão, o Design de Superfície tem sido amplamente estudado, com o intuito de investigar as reais possibilidades de projeto, criando limites e parâmetros para as configurações das superfícies.

Dentre os trabalhos recentes apresentados junto ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PgDesign|UFRGS) que tratam do Design de Superfície pode-se citar: *Texturas Visuais em Embalagens para Cosméticos Femininos: Estudo de Caso de um Produto no Mercado* (LEYSER, 2012); *Design de Superfície: Proposta de Procedimento Metodológico para a Criação de Estampas Têxteis com Referência em Elementos Naturais* (OLIVEIRA, 2012); *Design de Interiores: a Padronagem como Elemento Compositivo no Ambiente Contemporâneo* (GUBERT, 2011); *Uso de Usinagem por Jato de Água, Usinagem por Controle Numérico Computadorizado e*

Corte a Laser no Design de Superfícies Tácteis a Partir de Padrões Modulares Encaixáveis em Ágata e Cedro (SILVEIRA, 2011); *Design de superfície: um estudo sobre aplicação do termocromismo em camisetas* (PIPPI, 2010); *Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura* (ALLGAYER, 2009); e *Desenvolvimento de um método anti-distorções para aplicação em problemas de design de superfície de formas tridimensionais não aplicáveis* (ESTOL, 2009). Estes trabalhos tratam o Design de Superfície como um modo de revestimento que interfere, em maior ou menor intensidade, nas características observáveis dos objetos. Num contexto abrangente, as pesquisas realizadas nessa temática ora prezam por qualidade gráfica e representativa, ora primam por questões de estruturas e materiais de revestimento.

Ruthschilling (2006) define Design de Superfície como uma atividade técnica e criativa para a criação de texturas visuais e táteis, apresentando soluções estéticas, simbólicas e funcionais às superfícies, adequadas às diferentes necessidades ou materiais e processos de fabricação.

Schwartz & Neves (2009) discutem o projeto de design de superfície numa estruturação que envolve três grandes abordagens: representacional, constitucional e relacional. Segundo as autoras, Design de Superfície com a abordagem representacional refere-se à maneira como a superfície é representada graficamente, com desenhos empregados de acordo com a especialidade profissional e nível educacional de cada indivíduo. Quanto às características geométricas, nessa abordagem a superfície delimita volumes como um elemento de circunscrição de corpos, revestindo e definindo um objeto. Essa função faz com que o Design de Superfície, como um elemento bidimensional, seja percebido de forma tridimensional no objeto, na conformação e manipulação.

Quanto o Design de Superfície com abordagem constitucional, Schwartz & Neves (2009) enfatizam a constituição do material da superfície. A superfície é considerada como uma membrana, e por estar exposta a interferências do meio ambiente, pode diferir de camadas internas que compõem o objeto. Cada material oferece possibilidades gráficas e estruturais que ao serem trabalhados por diferentes processos, podem apresentar resultados formais diferentes, específicos de sua natureza e composição. As características e propriedades dos materiais, nessa abordagem, são consideradas como definidoras, influenciadoras e limitadoras das possibilidades gráficas e plásticas do projeto de uma superfície.

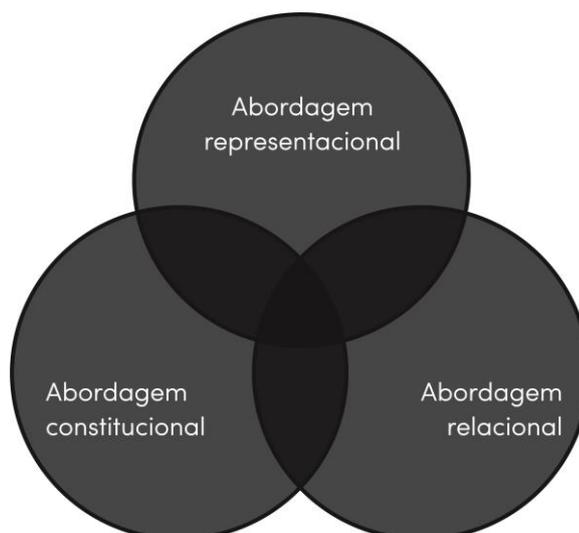
Já a abordagem relacional, que envolve o Design de Superfície, trata a superfície como elemento autônomo de projeto dos objetos. A superfície possui um caráter dinâmico, inibidor ou transformador de fluxos entre dois meios, podendo, inclusive, apresentar-se em outras áreas do design, além do gráfico, como a biônica e a ergonomia. A aparência do objeto será condicionada pela função dominante do produto, ampliando o sentido mais comum do Design de Superfície, pois a superfície, enquanto objeto contextualizado, adquire e integra muitas outras potencialidades que podem ser exploradas projetualmente, tornando-se além de suporte de decoração.

Ye et al. (1996) abordam os aspectos da superfície relacional, porém com outro nome, Design de Superfície Funcional. A qualidade do desenho de superfície funcional é julgado pelo seu desempenho como estrutura funcional, envolvendo medidas físicas, tais como a eficiência energética, ao passo que o design de superfície, por critérios de estética, envolvendo medidas geométricas, como curvatura da superfície. No entanto, eles estão intimamente relacionados já que os critérios de estética frequentemente representam medidas físicas. Contudo, é possível ter superfícies com geometria bela, com um desempenho ruim ou sem finalidade funcional.

Com maior ou menor intensidade, as três abordagens citadas interferem no projeto e análise da superfície do objeto, pois se interpenetram e se inter-relacionam, conforme figura 1. O processo criativo integra-se de forma a gerar um pensamento único, unindo os conceitos para a definição formal do objeto. Todo o processo conta com uma constante participação da intuição do designer, de suas vivências, suas habilidades, seu envolvimento com o tema do projeto em questão e a disponibilidades de tecnologias capazes de otimizar o desenvolvimento e resultado do produto.

Rinaldi (2013) defende que essas abordagens se fundam e originem uma meta única de projeto, pautada na mistura de conhecimentos relativos ao Design, constituindo uma cooperação, auxiliando na concepção criativa do produto com Design de Superfície. Após as delimitações desejáveis, criações mentais e imaginativas, parte-se para a parte de execução física do produto, responsável pela execução do projeto, também chamado de processo executivo.

Figura 1: Abordagens para a análise da superfície constituinte de um objeto.



Fonte: adaptado (SCHWARTZ & NEVES, 2009).

O autor coloca essas como as etapas para o desenvolvimento de um produto cuja superfície se aproprie de uma ou mais abordagens citadas anteriormente. Porém, tratando-se de uma superfície relacional, ainda deve-se incluir etapas de testes e validação, para a verificação da eficiência funcional, estrutural e mecânica.

As abordagens sobre Design de Superfície apresentada pelos autores, ainda, não contemplam superfícies não observáveis, ou seja, na interface substrato/substrato, e sim, somente na interface substrato/fluido. Um caso que se beneficia de tratamentos superficiais para ampliação de resistência mecânica é o revestimento de argamassa em superfícies de concreto, onde se é aplicado o chapisco para ampliar a resistência de aderência à tração de um substrato no outro.

Para casos como esse, pode ser definida uma abordagem de Design de Superfície Estrutural, onde a superfície é planejada para desempenhar uma função essencialmente mecânica, na interface entre dois substratos. Para tal, o processo de concepção do produto contemplaria as etapas de criação, execução, testes e validação, resultando num produto estruturalmente eficiente.

Concomitantemente com as abordagens apresentadas, o Design de Superfície se apropria de princípios para a realização de padrões, a fim de se projetar em elementos contínuos.

2.1.1 Princípios do Design de superfície

O Design de Superfície caracteriza-se por algumas especificidades na criação de padrões e texturas que constituem e/ou revestem uma superfície, propagando-se continuamente.

Para tal, utiliza-se um sistema de repetição, também chamado “*rapport*” (francês) para denominar um desenho em repetição, formado a partir de módulos, garantindo a unidade, continuidade e o preenchimento da superfície (RUTHSCHILLING, 2006).

O módulo é a unidade da padronagem (figura 2). É menor área que contém todos os elementos que constituem a imagem. A padronagem é formada por todos os elementos que constituem o módulo e como se dá a repetição para gerar a imagem contínua. Para que isso ocorra, são realizados estudos de encaixes dos elementos, prevendo os pontos de encontro das formas entre um módulo e outro, formando a composição desejada pelo designer, passível de repetição (RUTHSCHILLING, 2006).

Repetição, no contexto do Design de Superfície é a colocação dos módulos nos sentidos de largura e comprimento sem originar cortes e interrupções, formando uma composição bem sucedida. Mesmo preservando o módulo, a variação do sistema de repetição causa a modificação no resultado final da padronagem, gerando resultados completamente diferentes (figura 3) (RUTHSCHILLING, 2006).

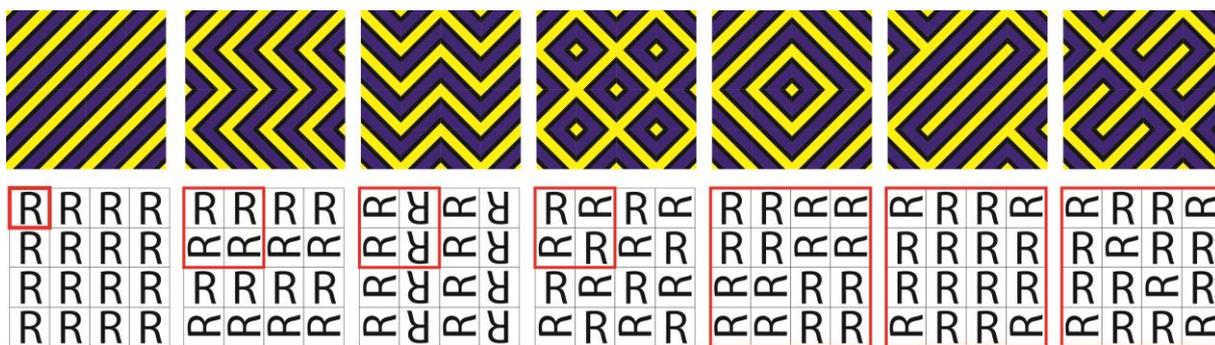
Os sistemas de repetição de módulos pode ser empregado em todas as abordagens de Design de Superfície, inclusive no Design de Superfície Estrutural citado anteriormente.

Figura 2: o módulo.



Fonte: adaptado (RUTHSCHILLING, 2006)

Figura 3: exemplos de sistemas de repetição de módulos.



Fonte: adaptado (RUTHSCHILLING, 2006)

Os princípios de Design de Superfície são amplamente empregados em diversos setores do Design, envolvendo tanto o Design de Produto, quanto o Design gráfico. Um dos ramos do Design que se apropria desses conhecimentos é a Biônica, que utiliza principalmente do Design de Superfície Relacional para o desenvolvimento de produtos funcionais.

2.2 BIÔNICA

Após bilhões de anos de evolução dos seres vivos, a natureza desenvolveu e aperfeiçoou soluções para os desafios que encontrou. Este processo de adaptação resultou na seleção natural das espécies, onde alguns foram extintos e as que permaneceram trouxeram consigo o segredo da sobrevivência. Neste sentido, as espécies suficientemente adaptadas as suas funções e ao meio-ambiente sobrevivem ao longo do tempo. A evolução da natureza trouxe, portanto, o desenvolvimento de mecanismos biológicos altamente eficazes e energeticamente eficientes (BENYUS, 2007) (BAR-COHEN, 2006).

Assim sendo, é percebido que as criações da natureza possuem aptidões e atributos muito desenvolvidos. A descoberta e o aprendizado de suas estratégias permitiriam, portanto, a ampliação das capacidades das invenções humanas. Dentro deste cenário está a Biomimética, uma área da ciência que tem por objetivo a análise e o entendimento das estruturas biológicas, suas funções, propriedades, mecanismos e processos, visando a aplicação no desenvolvimento das criações humanas.

Neste mesmo âmbito, está inserido a biônica, cujo conceito foca-se basicamente na imitação da forma biológica e estrutura fisiológica dos organismos como base para o desenvolvimento de estruturas e/ou mecanismos artificiais (SOARES, 2008). Dessa forma, percebe-se que a biônica vem a ser uma ferramenta de grande importância para a solução de problemas projetuais, como uma solução de abordagem para o aperfeiçoamento do design convencional. Possui grandes perspectivas de aplicação nos projetos de design, principalmente, em se tratando da solução de problemas mecânicos.

Tendo em vista estes fatores, torna-se interessante a observação da anatomia de elementos naturais que possuem características passíveis de serem estudadas para aplicação biônica em produtos.

Segundo Benyus (2007), a biônica se utiliza da natureza para três práticas principais:

1. A natureza como modelo: inspirando-se e/ou imitando os modelos da natureza e/ou seus processos para resolver problemas humanos;
2. A natureza como medida: usando um padrão adaptativo para ajuizar a correção das nossas invenções. Após 3,8 bilhões de anos de evolução, a natureza aprendeu o que funciona, o que é apropriado e o que dura;
3. A natureza como mentora: ver e valorizar a natureza, inaugurando uma era cujas bases assentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela.

Kindlein Jr. & Guanabara (2005) desenvolveram uma metodologia para organizar os conhecimentos biônicos, permitindo uma compreensão objetiva do assunto, facilitando aos interessados a utilização da Biônica no projeto de novos produtos. A metodologia está disposta em etapas nas quais são descritas as técnicas e procedimentos que permitem investigar o elemento natural com o intuito de extrair o maior número de informações de soluções da natureza, para possibilitar a aplicação na resolução do problema projetual.

A primeira etapa da metodologia consiste na seleção da amostra, ou seja, do elemento natural que será estudado. O tipo de amostra a pesquisar surge a partir de uma análise ambiente/produto, isto é, da identificação de uma necessidade não atendida satisfatoriamente (produto), o que permite a preparação de um problema concreto. Outra forma de escolher a amostra pode ocorrer da maneira inversa à

anterior, onde se busca alguma característica apreciativa de um elemento natural utilizando-se da analogia estrutural, funcional e formal para futura aplicação em um projeto. É importante garantir que os atributos estudados no sistema biológico sejam análogos ao sistema que se pretende projetar.

A segunda etapa trata da coleta da amostra, realizada em uma saída de campo ou na busca pelo elemento natural em laboratórios ou coleções específicas, enquanto a terceira etapa já aborda a observação da amostra, considerando-a como um protótipo a ser investigado. As observações das amostras podem ser realizadas com o auxílio de tecnologias como a fotografia macro, a lupa e a microscopia, além de inspeções a olho nu.

A quarta etapa trata da parametrização do elemento natural, onde as imagens obtidas com as imagens macros e microscopias são transferidas ao computador e editadas, possibilitando desenvolver parâmetros dos dados adquiridos, ou seja, simplificar as formas dos detalhes de interesse das amostras.

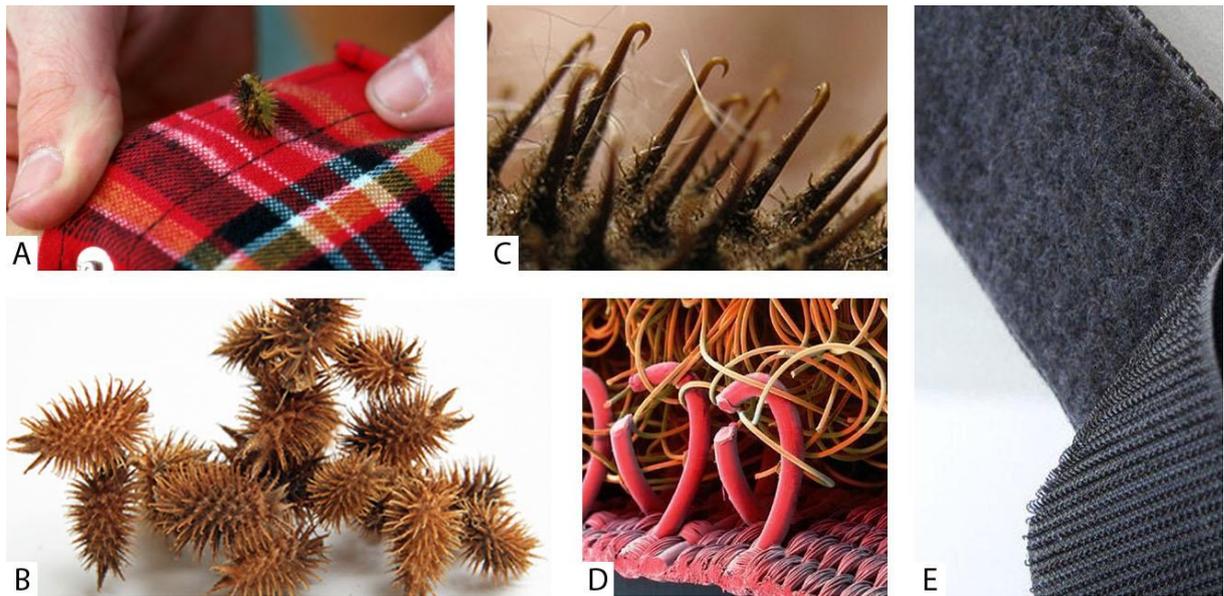
Na quinta etapa é onde são realizadas analogias do sistema natural com o produto, através de análise funcional, morfológica, estrutural e a viabilidade de transformar a informação obtida em sistema de produto, enquanto que na sexta etapa é realizada a análise do funcionamento do sistema, validando a eficiência estrutural e a viabilidade de transformar as informações obtidas do elemento natural em sistema de produto.

Muitos produtos desenvolvidos a partir da observação da natureza utilizaram-se destas ferramentas para serem gerados, como o caso do velcro, criado pelo inventor suíço George de Mestral (figura 4). No início dos anos de 1940, Mestral andou por uma floresta com o seu cão e, ao voltar, percebeu que suas vestimentas e os pêlos de seu animal, estavam cobertos por carrapichos (*Xanthium strumarium*). Ao colocar o carrapicho no microscópio, Mestral percebeu que as cerdas que ficavam para fora da semente possuíam suas extremidades em forma de gancho. Esta informação serviu de base para a criação do velcro, que possui ganchos rígidos de um lado (como as cerdas dos carrapichos) e entrelaçamento de linhas do outro (como as vestimentas) (VINCENT, 2006).

Alguns estudos têm sido realizados junto ao PgDesign/UFRGS a cerca da biônica, como *Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura* (ALLGAYER, 2009), *Sistematização dos Princípios de Solução da Natureza para Aplicação no Processo Criativo do Projeto de Produtos* (DETANICO, 2011), *Estudo*

morfológico da planta salvinia molesta: uma contribuição para a biônica e o design de produto (STEIGLEDER, 2010), e, inclusive, a respeito de design de superfície, *Design de Superfície: Proposta de Procedimento Metodológico para a Criação de Estampas Têxteis com Referência em Elementos Naturais* (OLIVEIRA M. M., 2012).

Figura 4: Invenção do Velcro. A – Observação da característica do elemento natural carrapicho utilizando-se da analogia funcional. B – Coleta do carrapicho. C – Observação do carrapicho através da utilização de tecnologias (fotografia macro e utilização de microscópio). D – Criação do produto análogo. E – Produto final e validação (velcro, presente há mais de 70 anos no mercado).



Fonte: A (RUTGERS, 2013); B (STILLBLOG, s.d.); C (Anon., 2012); D (Projecto Profundiza, 2012); E (Anon., s.d.).

Dentre outros estudos acerca da biônica, muitos tratam das estruturas de superfície dos elementos naturais, dos quais são pacíficos de serem estudados para aprimorar produtos existentes, acrescentando novas utilidades, ou ainda na criação de novos produtos para a resolução de problemas de design, arquitetura e engenharia. Assim sendo, no item 2.2.1 são apresentados exemplos onde as camadas superficiais de plantas e animais serviram de inspiração para projetos inovadores.

2.2.1 Elementos da natureza e suas superfícies funcionais

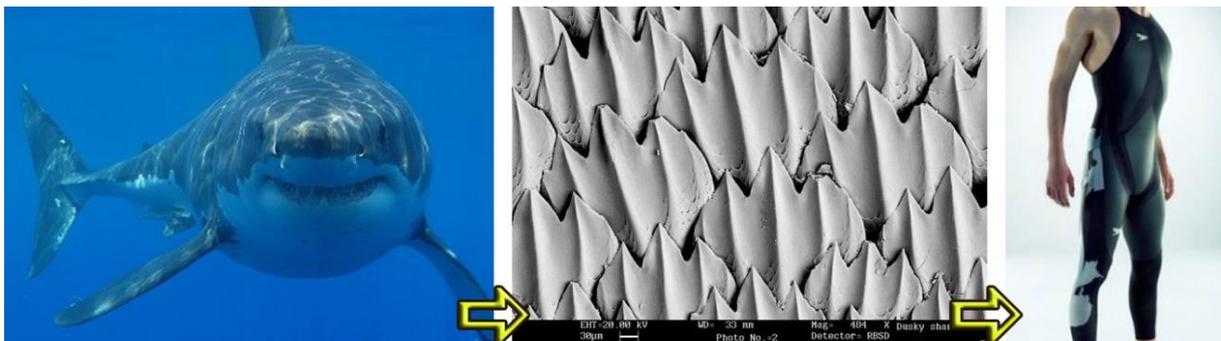
Segundo Manzini, superfície é a interface entre dois ambientes, exterior e interior. Na natureza são apresentadas muitas estruturas de interface, como

membranas, córtex, etc. Dentre as mais interessantes, pode-se destacar a pele. A pele é a interface entre um organismo vivo e seu exterior, e pode ser considerada como um sistema versátil, por apresentar funções mecânicas, sensitivas e até mesmo estruturais, tendo uma importância relativa de acordo com o ser vivo. Essas funções podem ser incorporadas em produtos tecnológicos através do estudo biônico, assim como já tem acontecido em pesquisas realizadas nesse âmbito. Os subitens a seguir mostram exemplos conhecidos de como as superfícies da natureza podem servir de inspiração e auxiliar no desenvolvimento de produtos eficientes.

2.2.1.1 Efeito pele de tubarão

O “efeito pele de tubarão” é definido como um mecanismo de redução de atrito entre um fluido e uma superfície com a textura da pele deste animal. Essa superfície tem sido amplamente estudada há décadas devido à suas propriedades de redução de arrasto e funções antincrustantes. Com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura, cientistas descobriram que a pele de tubarão possuía nervuras com sulcos longitudinais (dentículos dérmicos) alinhados paralelamente com o fluxo da água, produzindo espirais, mantendo a água mais próxima do corpo do tubarão, reduzindo o arrasto e mantendo a superfície limpa (LIU & LI, 2012) (SINGH, et al., 2012). Essa superfície vem sendo aplicada em aeronaves, visando maior eficiência energética, reduzindo o gasto de combustíveis em 1,5% (LIU & LI, 2012). Roupas de natação para competições de elite também foram criadas imitando a pele de tubarão, aumentando o desempenho dos competidores (figura 5) (SINGH, et al., 2012).

Figura 5: esquema para a criação de uma roupa de natação de alto desempenho, inspirado na pele do tubarão.



Fonte: tubarão (Business Pundit, 2012); escamas (Squidoo, s.d.); maiô (DURBIN, 2012).

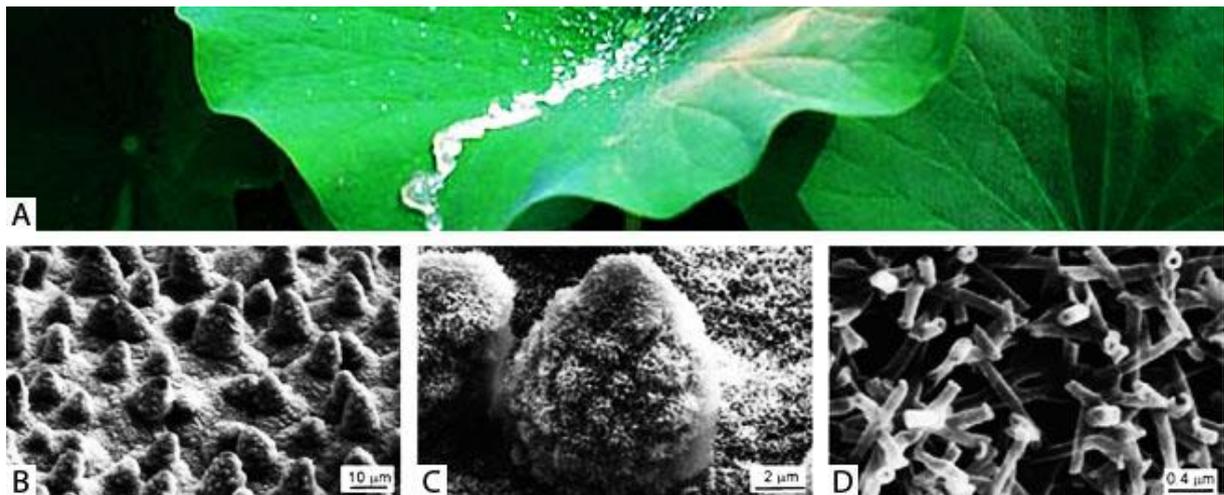
Atualmente, estas roupas tecnológicas estão proibidas pela Federação Internacional de Natação (FINA) nas competições de alto nível, sendo permitidos somente tecidos, naturais ou sintéticos, que não criem qualquer forma excepcional ou estrutura (FINA, 2011).

2.2.1.2 Efeito Lótus

Muitos estudos também têm sido realizados quanto às propriedades superhidrofóbicas apresentadas pela folha do Lótus. Esse elemento natural tem servido de inspiração para pesquisadores em busca do desenvolvimento de revestimentos com propriedades auto-limpantes, conhecido como “efeito Lótus”.

A folha de Lótus apresenta uma superfície de “vales e montanhas” em escala nanométrica, que proporciona o deslizamento de gotas de água de forma a “varrer” a sujeira, mantendo a planta sempre limpa. Essa propriedade é conseguida devido à baixíssima molhabilidade da folha do Lótus, com ligações intermoleculares quimicamente satisfeitas, fazendo com que as gotas assumam uma forma esférica (figura 6).

Figura 6: A - Folha de Lótus; B, C e D – Três diferentes imagens realizadas com um microscópio eletrônico de varredura (MEV) mostrando micro e nano estruturas morfológicas da folha de Lótus.

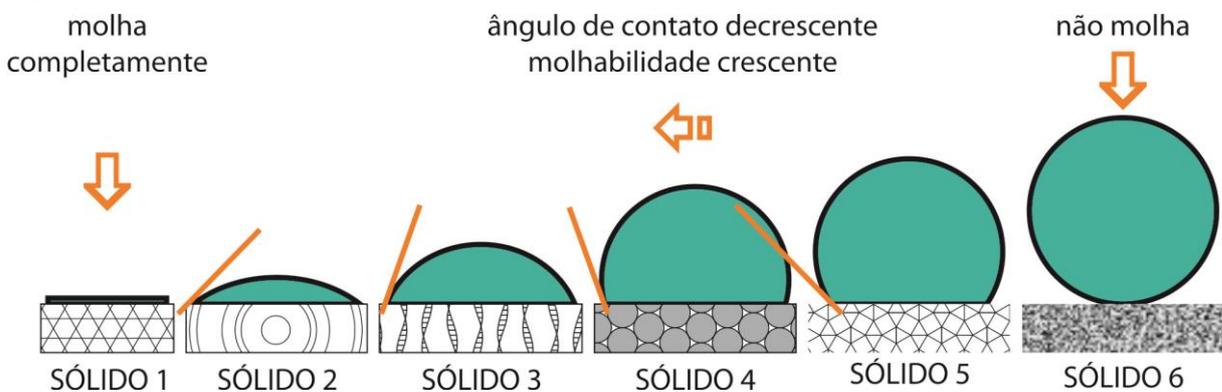


Fonte: A (The Biomimicry 3.8 Institute, 2012); B, C e D (SAMAHA, et al., 2012).

São diversos os fatores que influenciam a molhabilidade de uma superfície, como a rugosidade do material, a penetração do líquido no sólido poroso, o embeбimento do sólido pelo líquido e a presença de impurezas. Uma forma

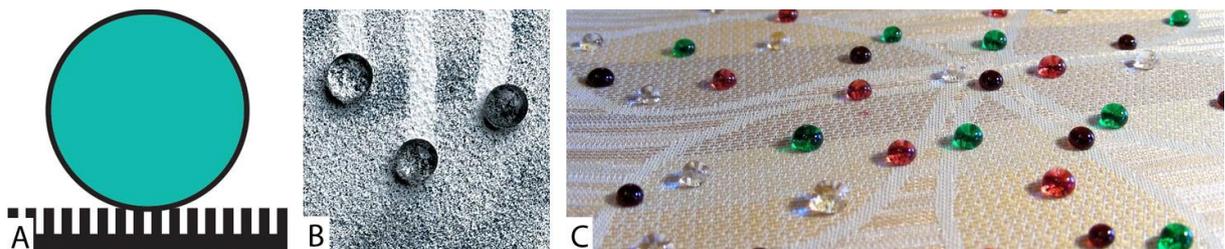
encontrada para observar e quantificar esse efeito num substrato consiste em medir o ângulo de contato formado por uma gota na superfície. Quando um material confere a uma gota um baixo ângulo de contato, ou seja, um ângulo inferior a 90° , ele é considerado hidrofílico. Quando este ângulo se apresenta próximo ou igual a 0° , o material é considerado superhidrofílico. Por outro lado, é considerado hidrofóbico um material que apresente um ângulo de contato maior que 100° , e superhidrofóbico quando esse valor excede os 150° , como é o caso da folha do Lótus (KINDLEIN JUNIOR, et al., 2012). A figura 7 mostra o ângulo de contato de gotas frente a diferentes superfícies.

Figura 7: Influência do ângulo de contato na molhabilidade de superfícies.



A folha do Lótus apresenta um alto ângulo de contato devido a sua estrutura nanométrica apresentar irregularidades capazes de provocar um fenômeno chamado de “regime de Fakir”. Essa situação ocorre devido ao ar que se deposita entre as irregularidades, responsáveis por formar uma gota com ângulo de contato maior que 150° . Os resultados dos estudos sobre a folha de Lótus foram responsáveis por invenções como tintas e tecidos auto-limpantes (figura 8).

Figura 8: A – regime de Fakir; B – parede pintada com tinta auto-limpante inspirado no efeito Lótus; C – tecido que repele a água inspirado no efeito Lótus.



Fonte: A – adaptado (QUÉRÉ, 2002); B - (PaintPRO, 2005); C - (The Biomimicry 3.8 Institute, 2012).

Estudos quanto à molhabilidade também são interessantes quando ocorre o inverso da propriedade da folha de Lótus, ou seja, elementos que, ao invés de repelir, possuem a característica de atrair o fluido para a superfície. No caso do concreto, é interessante a produção de um substrato com superfície hidrofílica, para que ocorra a absorção da argamassa de revestimento logo após a sua aplicação, pelas microporosidades, formando pontes de aderência (STOLZ, 2011).

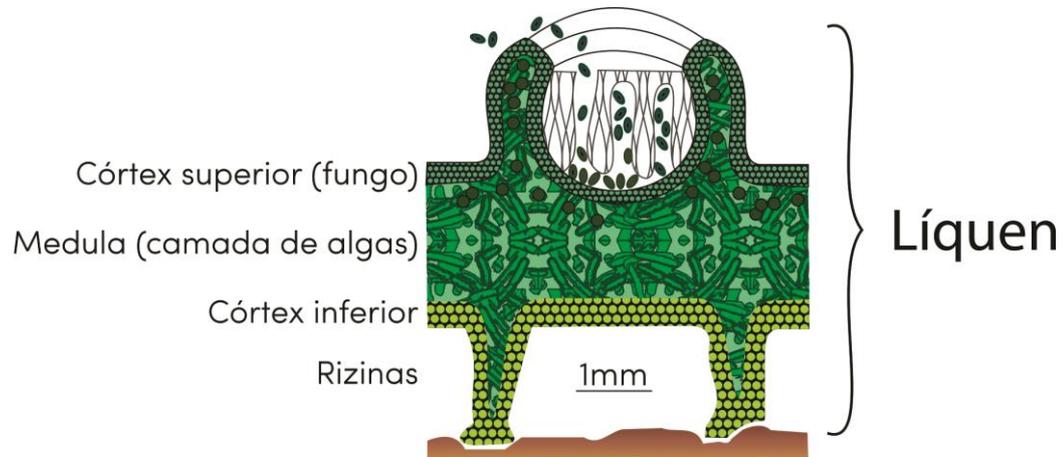
2.3 OS LÍQUENS E SUAS PROPRIEDADES DE FIXAÇÃO

Líquen é um fungo que cresce em simbiose hereditária com uma população de algas ou cianobactérias. Basicamente, o corpo de um líquen é composto pelo fungo (micobionte), que por sua vez, absorve nutrientes orgânicos produzidos pelas algas (fotobionte). Entretanto, o fungo proporciona às algas proteção contra a radiação e dessecação. Os líquens podem ser encontrados em vários ambientes, desde que as condições da atmosfera apresentem ar limpo, o que fazem deles um excelente bioindicador (FLEIG, GRÜNINGER, MAYER, & HAMPP, 2008).

Quanto à estrutura dos líquens, esses podem ser homômeros, se não há uma nítida diferenciação entre as camadas internas, ou heterômeros, se há uma nítida diferenciação entre as camadas. Os líquens heterômeros são compostos por várias camadas, dentre elas o córtex superior denso, responsável por captar e empurrar as algas que se desenvolvem junto ao fungo para formar o tecido medular, constituído por hifas frouxamente arranjadas. Na superfície contrária encontra-se o córtex inferior denso, que possuem protuberâncias, denominadas rizinas responsáveis pela fixação dos líquens em cascas de árvores, muros, rochas, entre outras superfícies (figura 9) (FLEIG, GRÜNINGER, MAYER, & HAMPP, 2008).

Dentre o grupo de heterômeros, os líquens ainda podem ser subdivididos quanto a sua morfologia em outras três categorias: crustáceos, foliáceos e arbustivos ou fruticosos.

Figura 9: Estrutura dos líquens.



Fonte: adaptado de FLEIG, GRÜNINGER, MAYER, & HAMPP (2008).

Os líquens do tipo crustáceo têm aspecto de crosta e vivem sobre o tronco das árvores ou sobre as rochas, conseguindo penetrar no substrato ao ponto que apenas a camada externa do córtex ficar visível. Os líquens do tipo foliáceos possuem talos com uma estrutura dorso-ventral achatada, que se dispõem paralelamente ao substrato ao qual se fixam através de rizinas. E os líquens do tipo arbustivos ou fruticosos possuem talos que apresentam um desenvolvimento em três dimensões, podendo assumir formas pendentes, eretas ou prostradas (FLEIG, GRÜNINGER, MAYER, & HAMPP, 2008).

Em geral, o córtex inferior possui sua morfologia formada por vales e montanhas, que auxiliam na fixação dos líquens em cascas de árvores, muros e rochas. Tendo em vista que essa função é similar à necessidade aderência (fixação) das argamassas em substratos de concreto, a textura do córtex inferior do líquen é uma morfologia interessante para se estudar em substituição ao chapisco na execução de edificações. Essa textura poderá ser repetida em painéis de concreto, otimizando o tempo e diminuindo custos de obra.

Para este trabalho foi escolhido o líquen da espécie *Parmotrema praesorediosum* (Nyl.) (figura 10), de cor cinza pálida ou verde acinzentada, do tipo foliáceo, esta espécie de líquen é encontrada aderida em cascas de árvores ou rochas, em ambientes bem iluminados, distribuídos no sul do Brasil (FLEIG, GRÜNINGER, MAYER, & HAMPP, 2008).

Figura 10: *Parmotrema praesorediosum* (Nyl).



2.4 PAINÉIS DE CONCRETO

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2008), “o mercado da construção civil do século XXI exige obras duráveis, realizadas dentro de padrões técnicos reconhecidos, com segurança estrutural, velocidade de execução e bom gosto estético”. Essas características vêm ao encontro das facilidades, características e propriedades que os painéis de concretos podem oferecer para os projetos de edificações.

Os painéis de concreto são substratos moldados em fôrmas estanques, que necessitam resistir às pressões ocorridas no lançamento do concreto. As fôrmas tem o objetivo de moldar o concreto fresco, armazená-los, até que tenham a resistência necessária para a extração da peça. Os tipos de fôrmas mais utilizadas são de materiais metálicos, madeira compensada plastificada e materiais poliméricos (SILVA J. d., 2011).

No Brasil, a utilização de painéis de concretos deu início após a II Guerra Mundial, no final dos anos 50, quando empresas como a SOBRAF² e a Protendit iniciaram suas atividades, influenciados pelo avanço da construção civil ocorrido na Europa e Estados Unidos da América. Em compensação, existem relatos de que a

² SOBRAF: Sociedade Brasileira de Fundações. Antecessora da CONSID, maior empresa de pré-fabricado do Brasil (VASCONCELOS, 2002).

primeira obra executada com elementos pré-moldados no Brasil refere-se à construção do Hipódromo da Gávea (Rio de Janeiro), inaugurado em 1926 (VASCONCELOS, 2002).

Nos últimos anos, o aumento da solicitação das estruturas de concreto exigiu um aumento da resistência à compressão do mesmo. Assim sendo, de valores entre 15 e 18 MPa usados no passado foram substituídos nos dias atuais por concretos que resistam à compressão de 30 a 35 MPa. Essa mudança permitiu construções mais esbeltas e elevadas, em compensação é uma das causas de ocorrências de manifestações patológicas quando o concreto recebe o revestimento de argamassa. Isso ocorre devido à baixa porosidade superficial dos concretos de alta resistência à compressão e o acabamento superficial liso atribuído às fôrmas dos painéis de concreto, pelo uso de desmoldante e por serem, em sua maioria, plastificadas (figura 11) (CEOTTO, BANDUK, & NAKAKURA, 2005) (RUIDUIT, 2009).

Para Ruiduit (2009), a falta de rugosidade e porosidade na superfície dos painéis de concreto são os principais problemas que provocam a falta de aderência das argamassas de revestimento. Atualmente, estes problemas são minimizados ou resolvidos através da aplicação de uma camada de preparo na superfície dos painéis de concreto, chamados de chapisco. Essa medida é recomendada como fundamental quando o concreto é revestido por argamassa. Porém, segundo Stolz (2011) e Pretto (2007), as rugosidades superficiais, em materiais cimentícios, podem ser geradas pela fôrma, pela vibração e conseqüentemente migração de bolhas de ar para a superfície do concreto, e pelo desempenho em argamassas, deformações durante a cura, entre outros.

Figura 11: Superfícies de concreto lavado, curado aos 28 dias, de diferentes resistências à compressão. Percebe-se que quanto maior a resistência, menor a quantidade de poros aparentes. A – 25 MPa; B – 35 MPa; C – 45 MPa.



Fonte: adaptado de Pretto (2007).

2.4.1 Tratamentos de superfície de painéis de concreto

Os diferentes processos de fabricação de componentes mecânicos nas placas de concreto determinam acabamentos diversos nas suas superfícies. O tratamento de superfície utilizado para ampliar a resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento ao substrato de concreto, também chamada de camada de preparo, é o chapisco, responsável por ampliar a rugosidade superficial e regular a absorção do substrato.

Para estruturas de concretos de alta resistência à compressão e baixa porosidade, que apresentam superfícies lisas, de baixa absorção e baixa aderência do substrato de revestimento, o chapisco desempenha a função de criar microancoragens obtidas pelo transporte de água e dos produtos de hidratação aos poros do substrato, e macroancoragem por ampliar a superfície de contato ao aumentar a rugosidade, ampliando a resistência de aderência da argamassa de revestimento (MÜLLER, 2010).

Comumente, são utilizados três tipos de chapiscos nas edificações, denominados conforme a forma de aplicação: chapisco convencional, chapiscos desempenado e chapisco rolado.

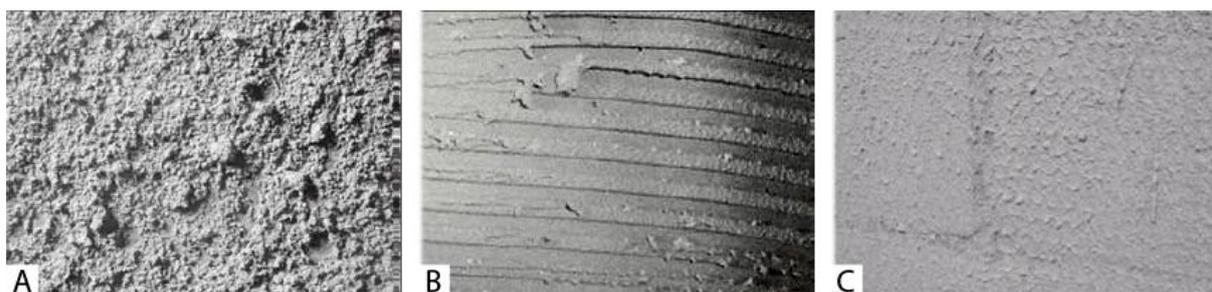
O chapisco convencional (figura 12A), também conhecido como chapisco tradicional ou chapisco lançado com a colher, é utilizado com mais frequência nas edificações devido à sua simplicidade e baixo custo quando comparado aos outros tipos de chapisco. Basicamente, o chapisco convencional possui em sua formulação cimento, areia com granulometria média ou grossa e água, frequentemente formulados nas proporções de 1:3 em volume entre cimento e areia, com variação de proporção de 1:2 e 1:4. Possui como desvantagens a alta variabilidade de espessura, espalhamento sobre o substrato e energia de lançamento, sofridas pela intervenção humana, tanto na fabricação, quanto na aplicação do substrato na obra (GASPERIN, 2011) (MÜLLER, 2010) (RUIDUIT, 2009).

O chapisco desempenado (figura 12B), também conhecido como chapisco colante ou adesivo é aplicado com uma desempenadeira dentada, formando cordões na superfície do substrato, ampliando a resistência de aderência das argamassas de revestimento. São comercializados ensacados e prontos para receber a adição de água. A argamassa de preparo do chapisco desempenado é aplicado, principalmente, em superfícies de baixa porosidade, como as estruturas de

concreto, devido à alta adesão e resistência de aderência a estes substratos. Em termos gerais, esse tipo de chapisco apresenta maior aderência quando comparado com o chapisco convencional, porém eleva os custos das edificações devido à alta quantidade de materiais poliméricos que constituem a composição material e o consumo elevado do produto (GASPERIN, 2011) (MÜLLER, 2010) (RUIDUIT, 2009).

Quanto ao chapisco rolado (figura 12C), estes são aplicados com rolos de espuma com cavidades, proporcionando na superfície do substrato uma textura com rugosidade eficiente para o aumento da aderência da argamassa de revestimento (RUIDUIT, 2009) (MÜLLER, 2010) (GASPERIN, 2011). Para que seja possível proporcionar uma boa aderência da argamassa de revestimento à camada de preparo, a argamassa do chapisco rolado precisa receber aditivos poliméricos, como resina PVA ou acrílica, junto ao cimento, areia de granulometria média e água. Estudos afirmam que o chapisco rolado proporciona um maior índice de produtividade na obra em relação aos demais tipos de chapisco, entretanto, exige um maior controle durante a preparação do material e sua aplicação, podendo apresentar desvantagens como uma camada com espessura muito fina, o que prejudica a regulação da porosidade dos substratos (RUIDUIT, 2009). Outra desvantagem trata do alto controle necessário para garantir o desempenho desse tipo de preparo de superfície, como a granulometria da areia. Uma areia muito fina pode vir a proporcionar uma rugosidade insuficiente, enquanto uma areia mais grossa pode provocar o escorrimento do chapisco. Ainda acrescenta-se a possibilidade de formação de um filme polimérico na superfície deste chapisco, tornando-o impermeável e impedindo a ancoragem da argamassa de revestimento, causando deslocamentos na interface argamassa/chapisco (RUIDUIT, 2009) (MÜLLER, 2010).

Figura 12: tratamentos de superfície. A – chapisco convencional; B – chapisco desempenado; C – chapisco rolado.



Fonte: adaptado de (CEOTTO, et al., 2005).

A camada de preparo se faz tanto em superfícies de concreto verticais quanto horizontais e, segundo Santos (2008), a espessura máxima do chapisco deve ser de 5 mm. Conforme Moura (2007), a escolha do tipo de chapisco se faz levando em consideração as especificações do projetista, a conformidade entre os elementos que compõem o sistema de revestimento, o tipo de substrato e de argamassa de revestimento, o acabamento e o processo executivo.

2.5 ADESÃO E ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 13528, aderência é definida como a “propriedade do revestimento de resistir a tensões normais ou tangenciais atuantes na interface com o substrato” (ABNT, 1995). É uma propriedade básica e fundamental tratando-se da execução da argamassa em estruturas de concreto devido que a sua deficiência compromete a transferência efetiva das deformações e, conseqüentemente, dos esforços a que a estrutura está sujeita ao longo do tempo (MORENO JÚNIOR & SELMO, 2007).

O desenvolvimento do mecanismo de aderência ocorre em duas etapas: adesão inicial onde a argamassa no estado fresco é lançada sobre o substrato poroso; aderência propriamente dita, desenvolvida durante o processo de hidratação das partículas dos aglomerantes, ou seja, o endurecimento da argamassa (MORENO JÚNIOR & SELMO, 2007). A adesão também depende de outros fenômenos que ocorrem na zona interfacial como a presença de camadas de adesão danosas (como o aparecimento de reentrâncias), a molhabilidade do substrato de concreto, forças de atração físicas, geometria superficial do concreto, entre outros (GARBACZ, COURARD, & KOSTANA, 2006).

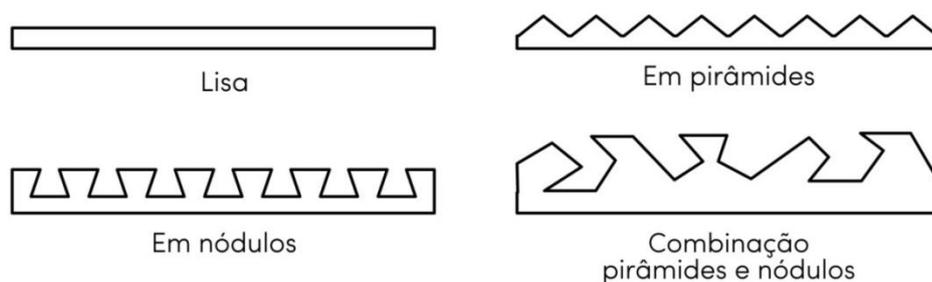
Carasek, Cascudo & Scartezini (2001) ponderam que “a aderência da argamassa endurecida ao substrato de concreto é um fenômeno essencialmente mecânico”. Defendem que quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície rugosa e absorvente do substrato, parte da água do amassamento penetra pelos poros e cavidades do concreto, onde ocorrem os fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e, após o tempo de cura, exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

2.5.1 Adesão Mecânica

A adesão mecânica entre a superfície de concreto e a argamassa ocorre quando a argamassa, ainda em estado líquido ou viscoso, penetra nos poros da superfície de concreto e, após o período de cura, assegura um efeito de bloqueio mecânico. Esses poros geralmente são criados através do tratamento da superfície de concreto, resultando em uma variedade de configurações. Dentre essas configurações podem-se ressaltar as geometrias apresentadas na figura 13 (COURARD, 1998).

Cada configuração pode ser definida por sua amplitude, período e angularidade apresentada. Configurações mais elaboradas, como a combinação entre pirâmides e moldes, tende a apresentar maior interpenetração da argamassa, ou seja, pode assegurar um efeito de bloqueio mecânico mais eficiente e uma maior superfície de contato. Em compensação, devido às suas reentrâncias, também podem correr o risco de apresentarem bolhas de ar presas aos orifícios durante o assentamento da argamassa (COURARD, 1998), diminuindo a área eficaz de aderência.

Figura 13: modelos de configurações do tratamento da superfície de concreto.

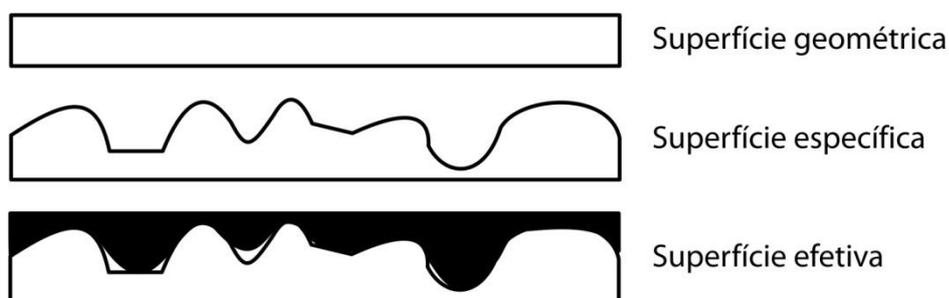


Fonte: Modificado de COURARD (1998).

As configurações apresentadas na figura 13 não são, necessariamente, tidas como uma superfície real, devido que a aplicação do tratamento de superfície geralmente ocorre de forma irregular. Como exemplo dessas irregularidades pode-se citar o jateamento de chapisco na superfície de concreto, similarizando com a geometria pirâmides e nódulos, ou ainda a força de aplicação exercida pelo pedreiro, que aplica o chapisco com pá, execuções passíveis de falhas e interferências durante o tratamento da superfície por não apresentarem constância e regularidade durante o processo.

Pode-se, assim, definir uma superfície real para um substrato de concreto como a área de superfície específica. Ainda assim, este conceito também não é suficiente para caracterizar a interface entre argamassa e concreto. É necessário introduzir o conceito de superfície efetiva (COURARD, 1998), também chamado neste trabalho como zonas de contato. As zonas de contato são expressas como as somas das superfícies de contato individuais, e seus resultados são dependentes de muitos fatores externos, incluindo a cinética de contato (COURARD, 1998). Na figura 14 são apresentados esquemas dos três tipos de superfícies citadas neste subcapítulo.

Figura 14: Esquema representando as superfícies geométrica, específica e efetiva.



Fonte: modificado de COURARD (1998).

No entanto, o bloqueio mecânico, no campo da rugosidade mensurável, não permite explicar adesões elevadas em placas de vidros (lisas), que não apresentam porosidades (a nível microscópico). Tal efeito pode ser ocasionado devido a rugosidades nanométricas e/ou microporosidades que proporcionam adesão através de forças de atração (COURARD, 1998). A força de atração mais comum é a de Van der Waals, podendo também a adesão ser atribuída a forças de dispersão e forças polares (STOLZ, 2011). Ensaio de resistência de aderência a tração de argamassa de revestimento em superfície lisa foi realizado e os resultados apresentados no apêndice 1, comprovando a adesão elevada.

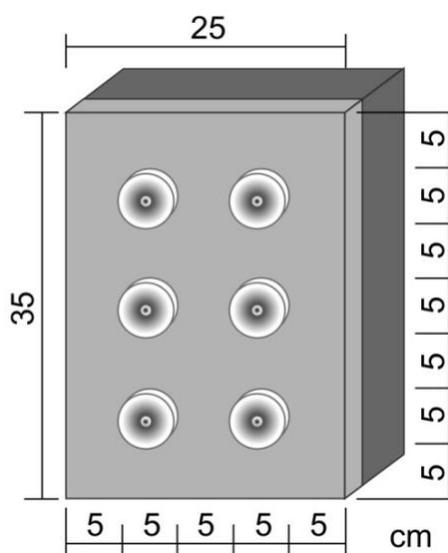
Por fim, é válido explorar o conceito de área eficaz, ou zonas de contato. O bloqueio mecânico proporciona uma importante ancoragem, ampliando a área de superfície e causando um efeito positivo no aumento de locais e extensão de potenciais interações entre o substrato de concreto e a argamassa.

2.5.2 Resistência de aderência à tração

Resistência da aderência à tração compreende a “tensão máxima suportada por um corpo-de-prova de revestimento, na interface em avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração” (ABNT, 1995). A sua avaliação pode ser realizada através do procedimento descrito na NBR 13528 (ABNT, 1995) – Revestimentos de Paredes e Tetos em Argamassas Inorgânicas.

O ensaio prescreve que os corpos-de-prova podem ser preparados em laboratório, com revestimentos aplicados sobre painéis de alvenaria, componentes de alvenaria (blocos e tijolos), placas de concreto, etc. Define o número de amostras para 12 peças, sendo que os corpos-de-prova são obtidos cortando o revestimento perpendicularmente ao seu plano, que pode ser de forma circular com serra-copo diamantada e dimensão de 50 mm de diâmetro. Entre cada corpo-de-prova e extremidades do bloco a ser testado deve-se ter um distanciamento de 50 mm. Na figura 15 é demonstrado o esquema para a realização do ensaio de resistência de aderência à compressão, conforme NBR 13528.

Figura 15: esquema (em cm) para a realização do ensaio de resistência de aderência à compressão.

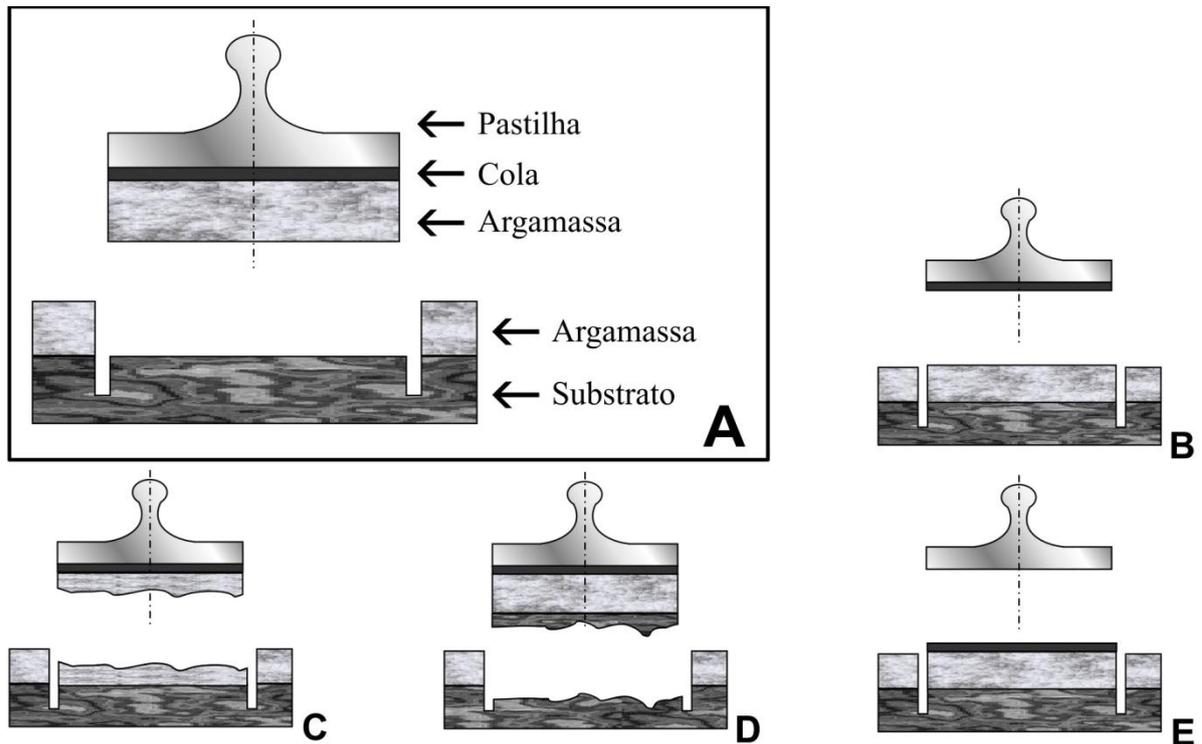


Fonte: adaptado de STOLZ (2011).

Após a realização dos cortes, devem ser coladas as pastilhas que serão acopladas no equipamento que realizará o arrancamento dos corpos-de-prova e medirá a força de tração exigida para a execução. As formas de ruptura dos corpos de prova são exemplificadas na figura 16.

Apenas no caso da ruptura A (figura 16) o valor de resistência de aderência é igual ao valor obtido do ensaio. Nos casos da ruptura B, C e D, a resistência de aderência não é precisamente determinada, sendo maior que o valor obtido no ensaio, enquanto a ruptura do tipo E indica imperfeições na colagem da pastilha na argamassa e o resultado deve ser desprezado (SILVA & LIBÓRIO, 2002).

Figura 16: formas de ruptura dos corpos-de-prova. A - ruptura na interface do revestimento com o substrato; B - ruptura na interface do revestimento com a cola; C - ruptura da argamassa de revestimento; D - ruptura do substrato; E - ruptura na interface da cola com a pastilha.



Fonte: adaptado de SILVA & LIBÓRIO (2002).

Os resultados obtidos dos ensaios de aderência à tração apresentam alta variabilidade, cujos coeficientes são da ordem de 10 a 35% (SILVA & LIBÓRIO, 2002). Dessa forma, espera-se elevada variação nos resultados obtidos.

Os requisitos mínimos exigidos para a argamassa utilizada em assentamento e revestimento de paredes e tetos são normatizados pela ABNT (2005), na NBR 13281. Esta norma classifica as argamassas na classe A2, com resistência potencial de aderência maior ou igual a 0,20 MPa e, na classe A3, as argamassas com resistência potencial maior ou igual a 0,30 MPa.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Essa pesquisa caracteriza-se como experimental e foi estruturada a fim de contribuir para o entendimento da aderência das argamassas de revestimento a substratos de concreto com acabamentos superficiais bioinspirado na textura do córtex inferior de líquen, em três diferentes escalas. Assim sendo, após o embasamento teórico sobre o assunto, foi definida a variável do projeto experimental, cuja resposta a ser avaliada trata-se da resistência de aderência à tração (R_t). Logo, foram definidos os fatores controláveis, quais sejam:

- a. Rugosidade do substrato: quatro diferentes tipos, sendo três delas com a textura encontrada no córtex inferior de elemento liquenoso em diferentes escalas estampados no substrato de concreto durante a produção, e outra com chapisco;
- b. Proporcionamento do concreto de 1:3,5 em massa, material seco;
- c. Proporcionamento da argamassa: 1:1:4, em massa, material seco, sem uso de aditivos;
- d. Resistência à compressão do concreto utilizado na confecção dos substratos $f_{ck}=35\text{MPa}$ aos 28 dias;
- e. Idades de realização dos ensaios de aderência à tração aos 28 dias de cura da argamassa.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS DO ESTUDO

Os materiais e métodos para este estudo foram orientados conforme a metodologia de design de produto, baseada em estudos biônicos, de Kindlein & Guanabara (2005). Disposta em etapas onde são descritas as técnicas e procedimentos que devem ser realizados para permitir uma compreensão objetiva e organização lógica, essa metodologia vem a facilitar a utilização da Biônica no projeto de produtos.

3.1.1 Seleção da amostra

Segundo Kindlein & Guanabara (2005), o tipo de amostra a ser pesquisada surge a partir de uma análise ambiente/produto, isto é, da identificação de uma necessidade não atendida satisfatoriamente (produto), o que permite a preparação de um problema concreto. Assim sendo, foi realizada a observação e estudos das características e funções do elemento liquenoso, como a aderência em diferentes substratos, para posteriormente ser verificada a analogia com os sistemas de aderência da argamassa em superfícies de concreto. Sendo assim, a seleção da amostra do elemento natural veio a ser definida através dos estudos bibliográficos que auxiliaram na identificação da oportunidade e a preparação do problema do estudo.

3.1.2 Coleta da amostra

A amostra do líquen foi retirada de casca de árvore do centro urbano da cidade de Porto Alegre, RS, Brasil, através de extração manual com o auxílio de uma faca, a uma altura de aproximadamente 1,60m do solo, e guardados em envelopes de papel para evitar a formação de bolores na amostra (COCCARO, 2001). A amostra foi identificada para que pudesse ser submetida às futuras análises.

3.1.3 Observação da amostra

Foram realizadas 5 tipos de observação da amostra visando analisar, principalmente, as características estruturais e morfológicas do córtex inferior do líquen. A seguir são apresentados os equipamentos utilizados para a execução desta etapa.

- Fotografia macro: câmera fotográfica Nikon D90 disponibilizado pelo LdSM/UFRGS (Laboratório de Design e Seleção de Materiais).

- Microscopia estereoscópica: Microscópio estereoscópio Modelo SZX16, com objetiva de 1x e ocular de 10x disponibilizado pelo LdSM/UFRGS.
- Digitalização tridimensional a laser: foi utilizado o equipamento Digimill 3D da Tecnodrill, com a lente Optimet 150mm, e uma resolução de 0,05mm nos eixos X e Y disponibilizado pelo LdSM/UFRGS.
- Microscopia eletrônica de varredura: o líquen foi submetido à secagem em estufa com temperatura constante em 30°C por 24 horas, para a visualização no microscópio eletrônico de varredura (MEV) de bancada, da marca Hitachi, modelo TM3000, disponibilizado pelo LdSM/UFRGS, que dispensa a metalização da amostra.

3.1.4 Parametrização

A parametrização foi realizada através da manipulação da malha, obtida da digitalização tridimensional, no software Blender 2.5 (software livre), onde se extraiu uma parcela da textura do líquen para a confecção de um módulo. Este módulo foi espelhado e repetido diversas vezes. O resultado da malha foi escalado em 3 níveis de rugosidades diferentes, numa comparação análoga do objeto de estudo (líquen) com a atual técnica de tratamento de superfície de concreto (chapisco). As escalas foram definidas em: verdadeira grandeza, com a maior profundidade igual a 4 mm; redução de 0,5 mm da altura da textura, proporcionalmente a escala da largura e comprimento, resultando em 3,5 mm de profundidade, num total de 87,5% da textura original; e redução de 1,5mm da altura da textura, proporcionalmente a escala da largura e comprimento, resultando em 2,5 mm de profundidade, num total de 62,5% da textura original. Essas medidas foram em comparação ao chapisco cuja espessura não deve ser maior de 5 mm, conforme apresentado no item 2.4.1 Tratamentos de superfície de painéis de concreto. Ainda, através do software Geomagic Studio, foi possível verificar a diferença de potencial área de contato das texturas dos líquen nas diferentes escalas.

3.1.5 Aplicação Projetual

Para a aplicação projetual, foram desenvolvidos moldes com a textura do córtex inferior do líquen nas três escalas, com o intuito de estampar as superfícies de placas dos painéis de concreto. Assim sendo, os arquivos obtidos da textura foram convertidos para a extensão IGES e importado para o software de usinagem ArtCam®. A usinagem foi feita em negativo em placas de acrílico transparente de 5 mm de espessura e dimensões de 350 x 250 mm. Cada textura foi usinada em duas placas, totalizando seis moldes. A usinagem foi realizada no centro das placas, sendo que a extensão da usinagem ocorreu numa área de 340 x 240 mm. As ferramentas utilizadas para a usinagem foram uma fresa de topo reto de 6 mm para desbaste e uma fresa de topo esférico de 1 mm para acabamento. A fresadora CNC era da marca Tecnodrill, modelo Digimill 3D, com velocidade de rotação de 24000rpm/1.1Kw, utilizada neste projeto, na sua configuração máxima de rotação e deslocamento.

As placas usinadas foram colocadas no fundo de caixas de metal para a fabricação dos painéis de concreto com as superfícies inspiradas no córtex inferior do líquen. Esse procedimento foi realizado junto ao Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) da UFRGS. Outras duas caixas de metal receberam uma chapa MDF com acabamento superficial polimérico de mesma dimensão descrita nas chapas utilizadas para a gravação das texturas dos líquens. Esse procedimento foi realizado para a fabricação de placas com aplicação da camada de preparo de chapisco convencional, a fim de validar o presente estudo.

3.1.6 Validação do estudo

Com a intenção de validar o estudo, foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração para verificar a eficácia das texturas obtidas do córtex inferior do líquen, aplicadas na superfície de painéis de concreto.

Assim sendo, foram confeccionadas amostras prismáticas em que todas tivessem os mesmos parâmetros de confecção, materiais e exposição às mesmas condições ambientais, para que a única diferença entre elas fosse a textura

superficial do concreto, colocada na interface concreto/argamassa. Também foram confeccionadas amostras que receberam o chapisco convencional na interface argamassa/concreto, a fim de comparação do processo atual de acabamento superficial das superfícies de concreto com o presente objeto de estudo.

3.1.6.1 Painéis de concreto

O cimento utilizado para a confecção do concreto foi do tipo CPII-Z, classificado pela NBR 11578 (ABNT, 1991), no proporcionamento de 1:3,5 (cimento:agregados), conforme tabela 1.

Tabela 1: proporcionamento utilizado para a confecção do substrato de concreto.

Traço (em massa) do concreto confeccionado			
Cim	Areia	Brita	m*
1	1,48	2,03	3,5

* relação agregados secos/cimento, em massa (kg/kg).

Ao total, foram utilizados 19,76 kg de cimento, 29,14 kg de areia, 40 kg de brita tipo 0 e 7,72 kg de água.

Ainda, foram moldados seis corpos-de-prova cilíndricos do substrato de concreto, de 9,5x19 cm para ensaios de controle de resistência à compressão, executados aos 28 dias.

O adensamento dos painéis de concreto e dos corpos-de-prova foi realizado através de uma mesa vibratória, padronizado através de controle com cronômetro de 15 segundos.

Após moldados, os prismas e corpos-de-prova foram cobertos com sacos plásticos, permanecendo no ambiente do laboratório do NORIE durante 24 horas. Depois desse período fez-se a desforma das amostras que foram submetidas ao processo de cura de 28 dias em câmara de temperatura controlada a 23° ($\pm 2^\circ$) e umidade a 60 \pm 5%.

3.1.6.2 Chapisco

No 26º dia de cura, os painéis de concreto com superfície lisa foram submetidos ao acabamento superficial de chapisco, confeccionado com cimento

Portland CPIV, em conformidade com a NBR 5736 (ABNT, 1991). O traço foi definido em 1:3 (cimento : areia seca) em massa, utilizando 1,1 kg de cimento, 3,3 kg de areia e 0,718 kg de água. A aplicação deste chapisco foi feita com a utilização de colher de pedreiro, por um pedreiro com experiência, denominado chapisco convencional.

3.1.6.3 Argamassa de revestimento

Após os 28 dias de cura do substrato de concreto, os painéis receberam a argamassa de revestimento, confeccionada com cimento CP V-ARI³, designado um cimento Portland de alta resistência inicial, em conformidade com a NBR 5733 (ABNT, 1991). A escolha deste cimento foi feita, pois o objetivo foi avaliar a aderência na interface dos substratos, e não que a argamassa fosse a zona mais frágil. Dentre os demais materiais constituintes da argamassa, foi utilizada areia seca média, de origem quartzosa, proveniente do Rio Jacuí/RS e água. A argamassa foi confeccionada a partir do traço de 1:1:4 (cimento : cal : areia) em massa seca, em betoneira de eixo vertical (figura 17A) disponível no laboratório do NORIE. Ao total foram utilizados 10 kg de cimento, 10 kg de cal e 40 kg de areia, misturados em 11,28 kg de água.

A aplicação da argamassa sobre o substrato foi realizada através da utilização de um dispositivo denominado caixa de queda (figura 17B), a uma altura de queda de 1 m, determinada por Pagnassat (2008) pela comparação da densidade de massa de uma argamassa aplicada por um funcionário experiente de forma manual. Esse procedimento foi realizado em todas as amostras (chapisco convencional, líquen 4 mm, líquen 3,5 mm e líquen 2,5 mm). Conforme a figura 17C, D e E, a caixa de queda possui um recipiente com portas na parte inferior, onde é colocada a argamassa. Essas portas são abertas e a massa cai em queda livre, a qual após acabamento, produz-se o revestimento sobre o painel de concreto.

A fim de se obter uma padronização da espessura da argamassa assentada, foram utilizados gabaritos de madeira que fixavam a espessura em 20 mm. Após 24

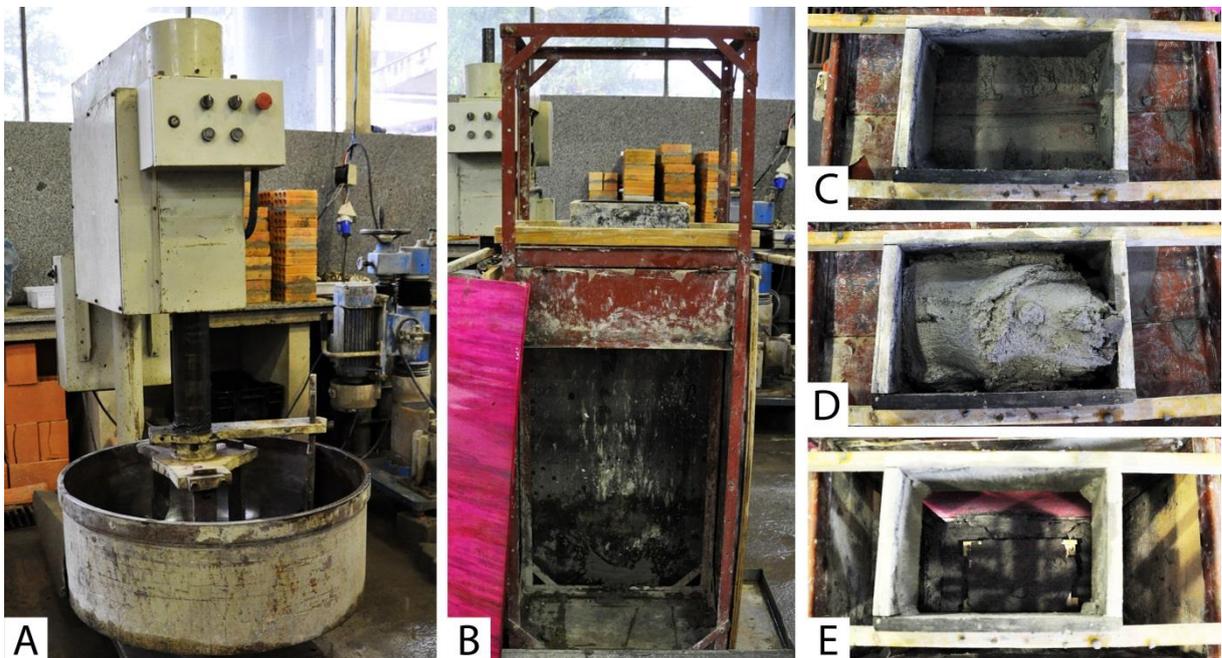
³ A designação ARI representa o mínimo de resistência à compressão aos sete dias de idade de 34,0 MPa.

horas, os painéis de concreto com a adição da argamassa de revestimento foram desmoldados.

Para o controle da argamassa, foram confeccionados corpos de prova de 40x40x160 mm, os quais, posteriormente, foram submetidos a ensaios mecânicos de flexão a três pontos e compressão.

Depois de terminada a confecção e assentamento das argamassas sobre os substratos de concreto, os prismas retornaram à câmara de temperatura e umidade controladas para mais 28 dias de cura da argamassa.

Figura 17: A – betoneira de eixo vertical. B – Caixa de queda; C – Vista superior da caixa de queda; D – colocação da argamassa na caixa de queda. E – argamassa sobre o substrato após lançamento sobre o painel de concreto.



3.1.6.4 Ensaio de resistência de aderência à tração

Após os 28 dias de cura da argamassa de revestimento, puderam ser realizados os ensaios de resistência de aderência à tração da argamassa no substrato de concreto, bem como os ensaios de caracterização do concreto e argamassa. Os ensaios de resistência de aderência à tração das argamassas de revestimento sobre o substrato de concreto foi realizado em conformidade com a NBR 13528 (ABNT, 2010), a qual preconiza que devem ser feitos 12 arrancamentos para cada uma das quatro texturas estudadas. Decorrido o tempo de cura dos

prismas, foram executados cortes na superfície da argamassa até o alcance do substrato de concreto, com serra copo de 50 mm (figura 18). Depois dos cortes realizados, foi feita uma limpeza das superfícies de revestimento argamassado de modo a retirar a poeira e executar a colagem das pastilhas-suportes com cola à base de resina epóxi da marca Poxipol®. O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado com o equipamento Positest AT-A – Automatic Adhesion Tester da DeFelsko® disponibilizado pelo NORIE.

Após o ensaio de resistência de aderência à tração, foi realizada a limpeza dos prismas e das peças arrancadas com o auxílio de um aspirador de pó. Os prismas foram cortados e posteriormente foi feita a observação da interface substrato/argamassa com o auxílio de um microscópio estereoscópico Modelo SZX16, com objetiva de 1x e ocular de 10x, da marca Olympus, a fim de verificar a extensão da aderência da argamassa assentada nas quatro diferentes superfícies.

Figura 18: Ensaio de resistência de aderência à tração: A – corte do prisma com a utilização de uma serra copo de 50 mm; B – colagem dos suportes; C – arrancamento das amostras.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO

4.1 ANÁLISE DO ELEMENTO LIQUENOSO E DESENVOLVIMENTO DE TEXTURA ADERENTE BIOINSPIRADA

A microestereoscopia possibilitou uma visualização mais aproximada do córtex inferior do líquen (figura 19), permitindo a verificação de vales e montanhas que interferem na sua fixação aos diferentes substratos, comportamento análogo à argamassa em painéis de concreto. Já as imagens realizadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) permitiram a visualização de pequenas fibras, que possivelmente tratam-se das rizinas (figura 20), também responsáveis pela fixação do líquen em diferentes superfícies, como já discutido no item 2.2.

A digitalização tridimensional a laser do córtex inferior do líquen resultou em uma nuvem de pontos (figura 21A). Essa nuvem de pontos sofreu algumas limpezas de pequenos ruídos com o auxílio do Software Geomagic Studio® e foi transformada em malha (figura 21B), reproduzindo a textura do líquen de forma muito aproximada.

Figura 19: vista do córtex inferior do líquen. A – aumento de 7x. B – Aumento de 8x. Presença de vales e montanhas na superfície posterior do líquen, visualizado através de um microscópio estereoscópico.

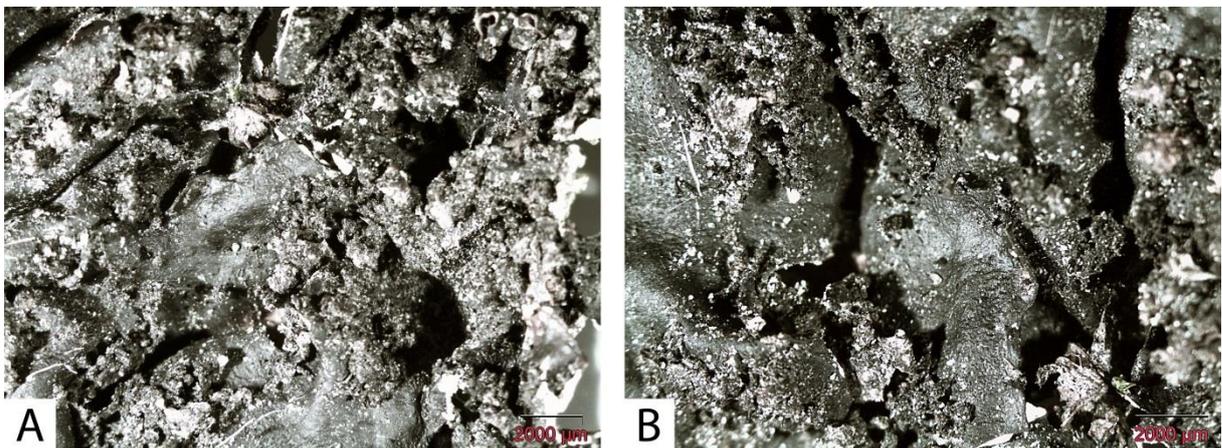


Figura 20: imagens em MEV. A – aumento de 30x. B – aumento de 100x. C – aumento de 250x. D – aumento de 500x.

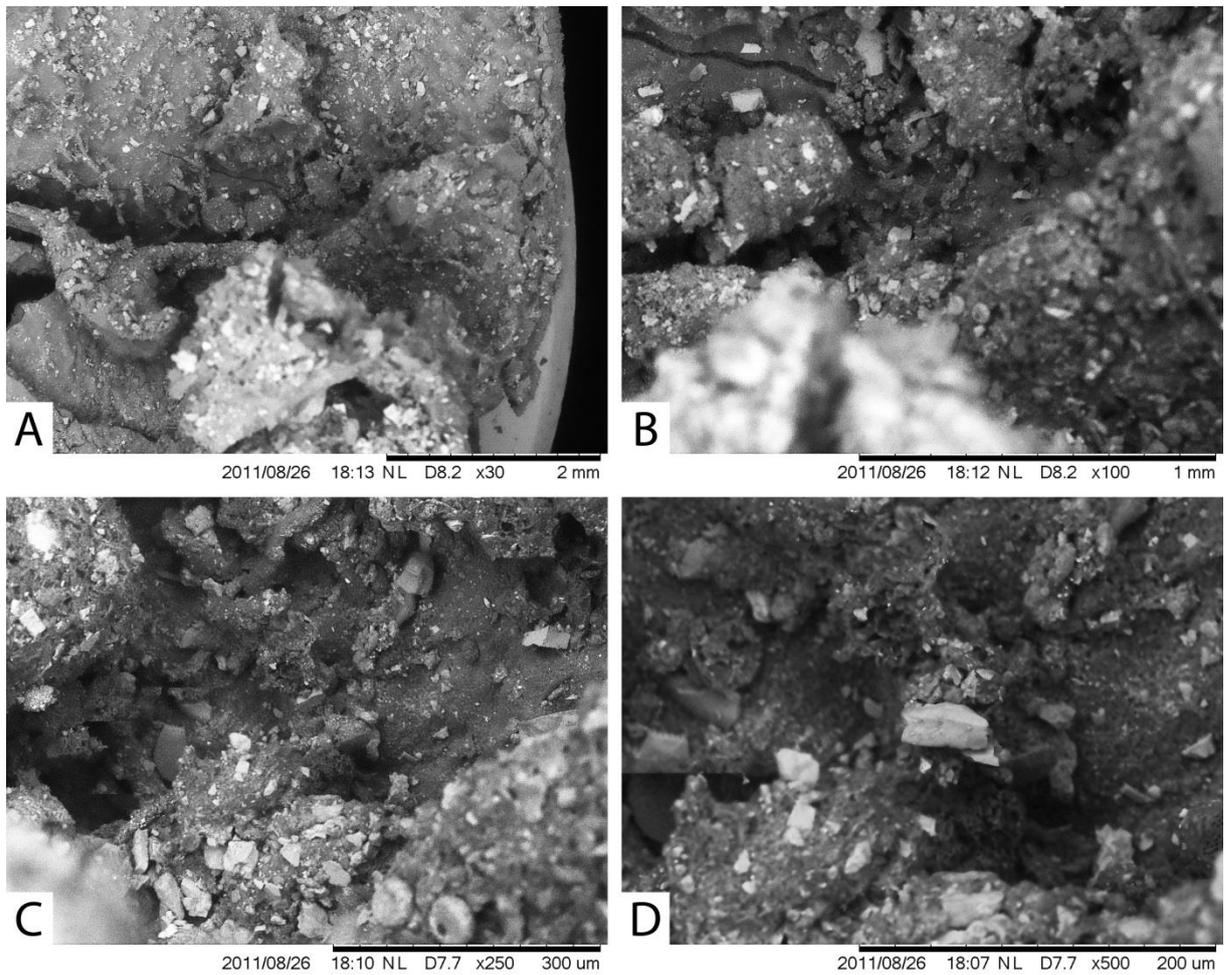
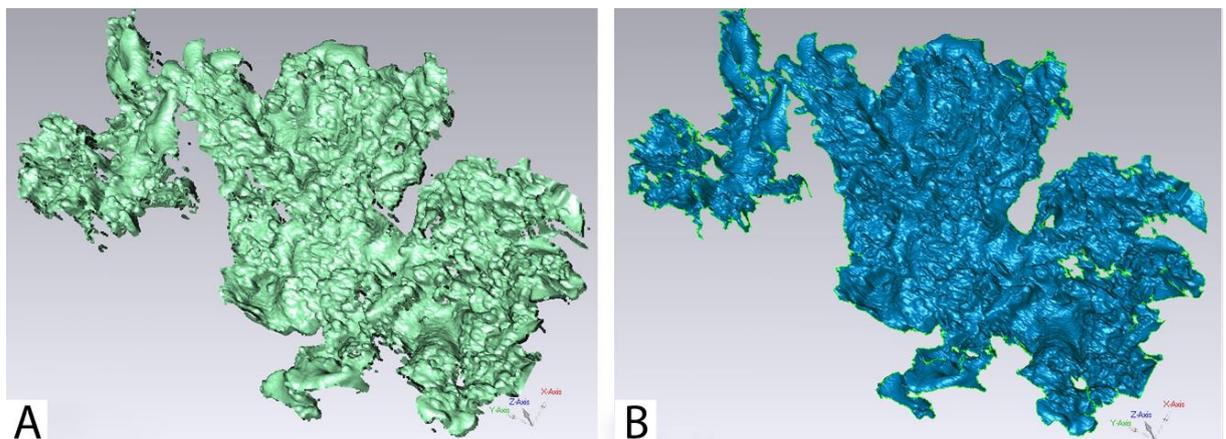


Figura 21: A – resultado em nuvem de pontos da digitalização tridimensional do córtex inferior do líquen. B – transformação da nuvem de pontos em malha.



A digitalização tridimensional a laser e o tratamento no software Geomagic Studio® permitiu a exportação da malha de triângulos para o software Blender 2.5 (figura 22), onde foi possível realizar desenvolvimento do módulo. Para isso, foi

selecionada a parte de maior área sem recortes do líquen e transformado em módulo. A textura foi feita através da repetição do módulo, deslocando-os para cima e para baixo (figura 23). Alguns preenchimentos foram feitos para o encaixe perfeito dos módulos respeitando as curvas do córtex inferior do líquen, resultando em uma textura com possibilidade de aplicação abrangente e linear, conforme pode ser observado na figura 24.

Figura 22: A – malha no software Blender 2.5. B - extração de uma parte da textura do líquen. C – detalhe parte extraída.

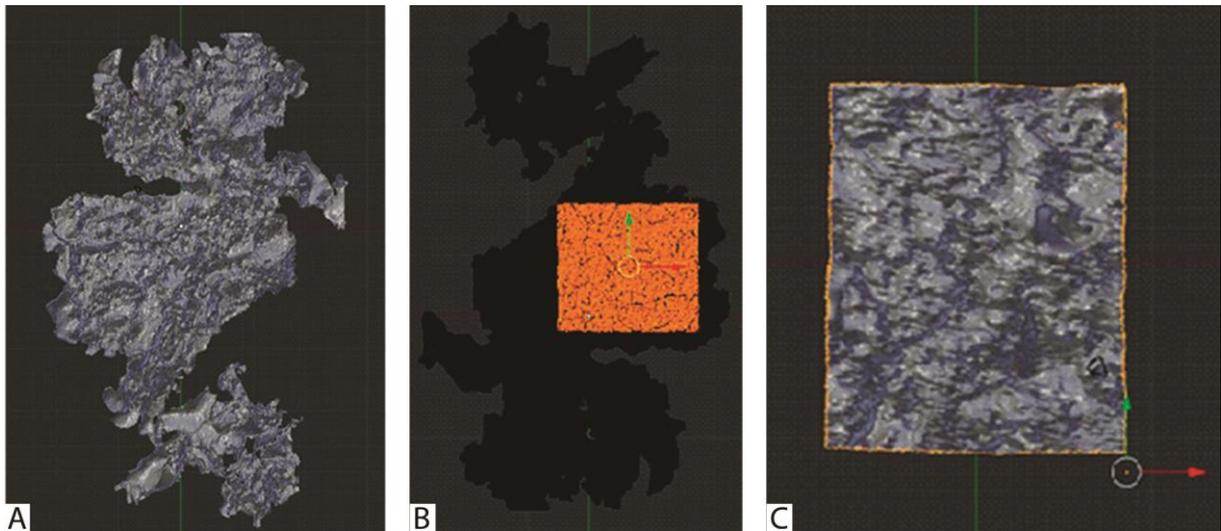


Figura 23: Repetição dos módulos para a formação da textura da superfície.

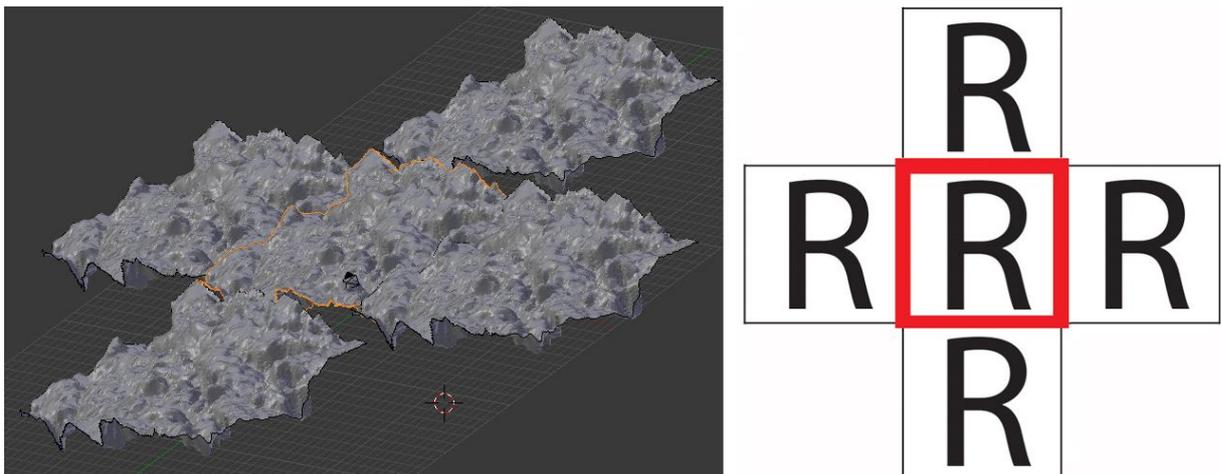
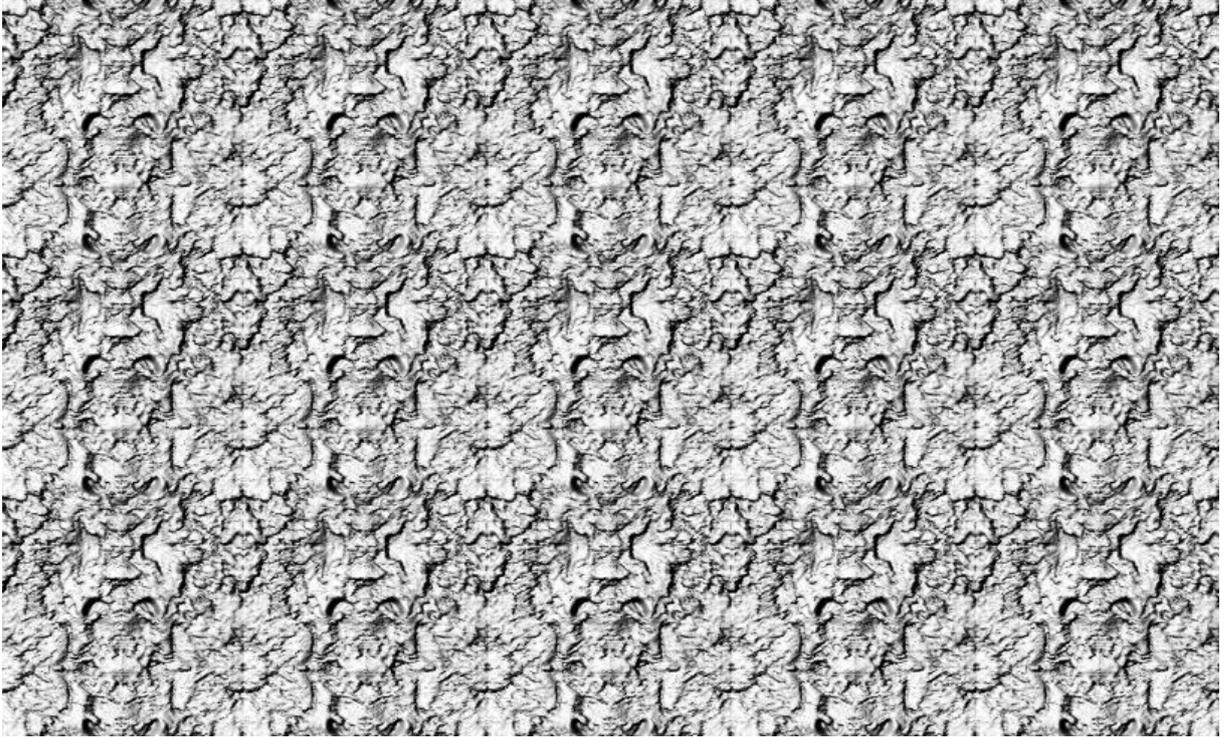


Figura 24: imagem vista superior da textura final.



O arquivo com o módulo finalizado foi exportado para o software ArtCam®, onde foi realizado o programa de usinagem (figura 25). Os parâmetros de avanço e rotação utilizados para a usinagem do PMMA, bem como as ferramentas, proporcionaram a gravação da textura do córtex inferior do líquen nas chapas, como pode ser observado na figura 26 e figura 27. Nas figuras 28, 29 e 30 são apresentados os resultados das usinagens, ou seja, os moldes para a gravação da textura do líquen no concreto nas escalas 62,5% (profundidade máxima de 2,5mm), 87,5% (profundidade máxima de 3,5mm) e 100% (profundidade máxima de 4mm) respectivamente.

Figura 25: Textura modular extraída do líquen no software ArtCam®. A - Vista ortográfica em 3D. B - Vista ortográfica em 3D ampliada. C - Vista de topo em 2D.



Figura 26: Usinagem CNC. A – Desbaste; B – Acabamento.

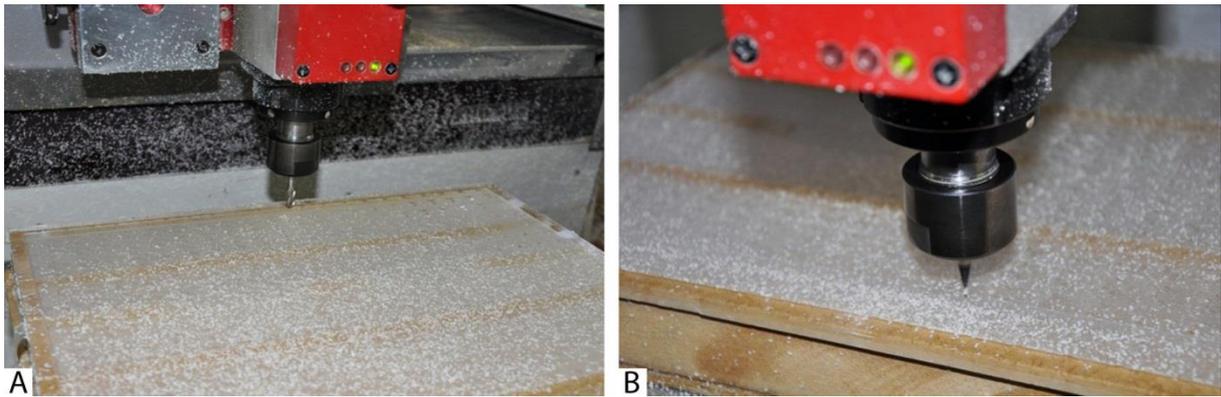


Figura 27: usinagem da textura líquen na chapa de PMMA.

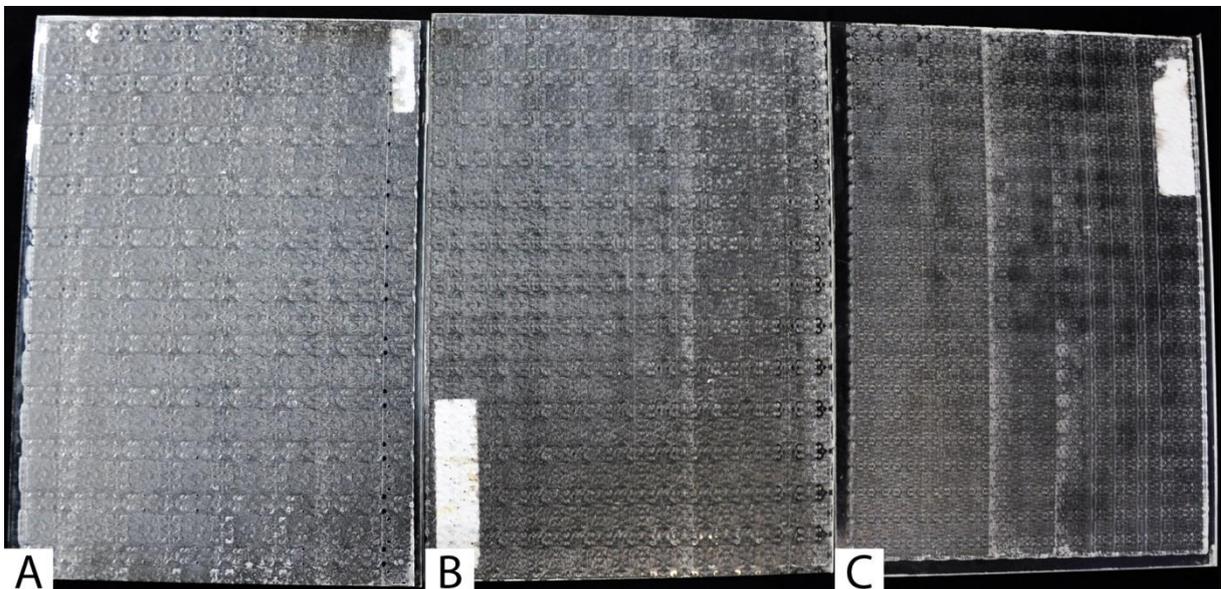


Figura 28: chapa de acrílico usinada com a textura do líquen em escala% 62,5 com profundidade máxima de 2,5 mm.

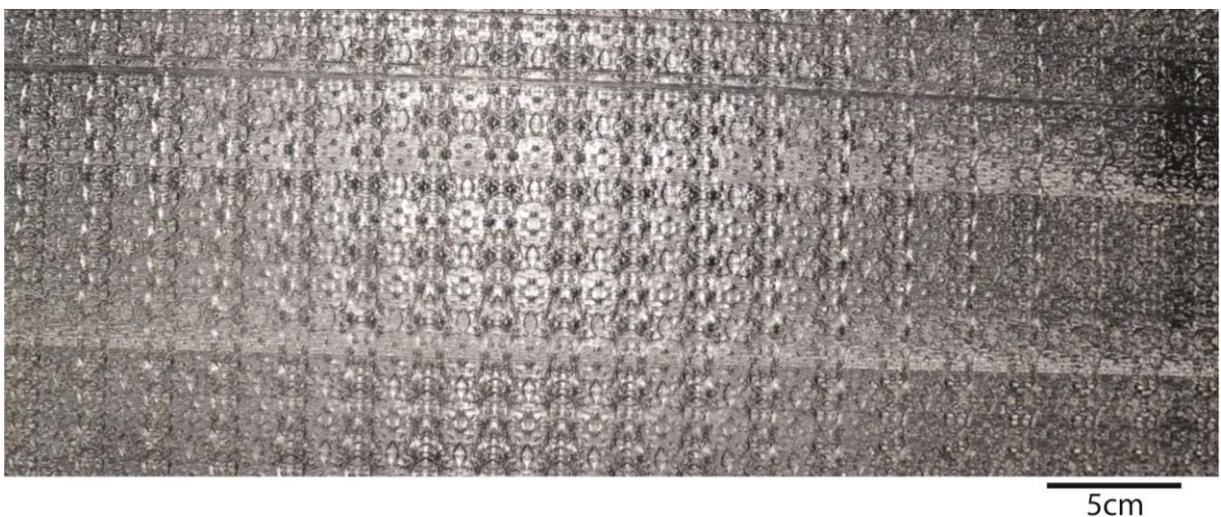


Figura 29: chapa de acrílico usinada com a textura do líquen em escala 87,5%. Profundidade máxima de 3,5 mm.

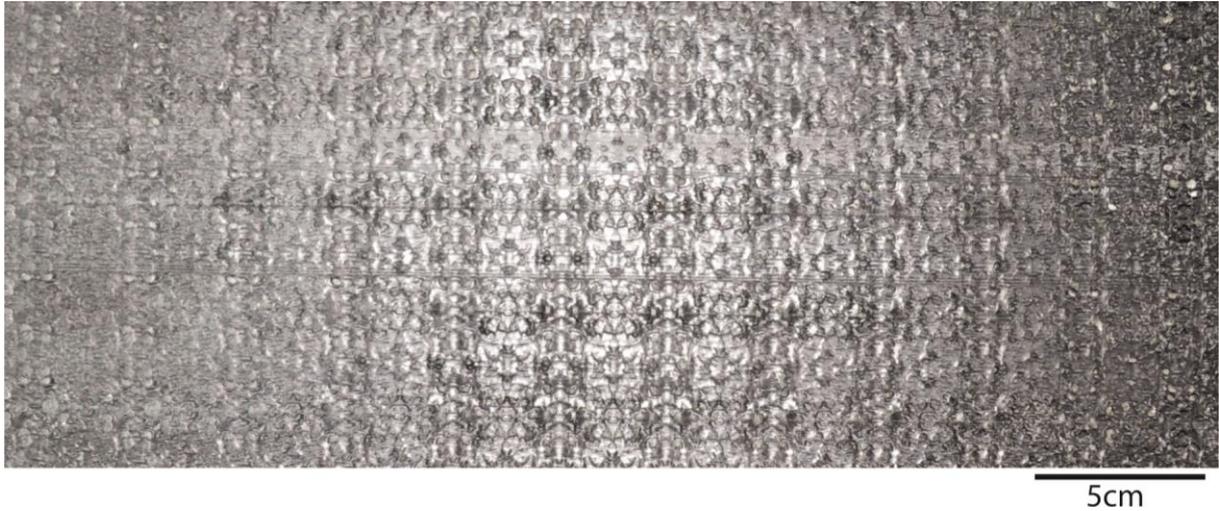
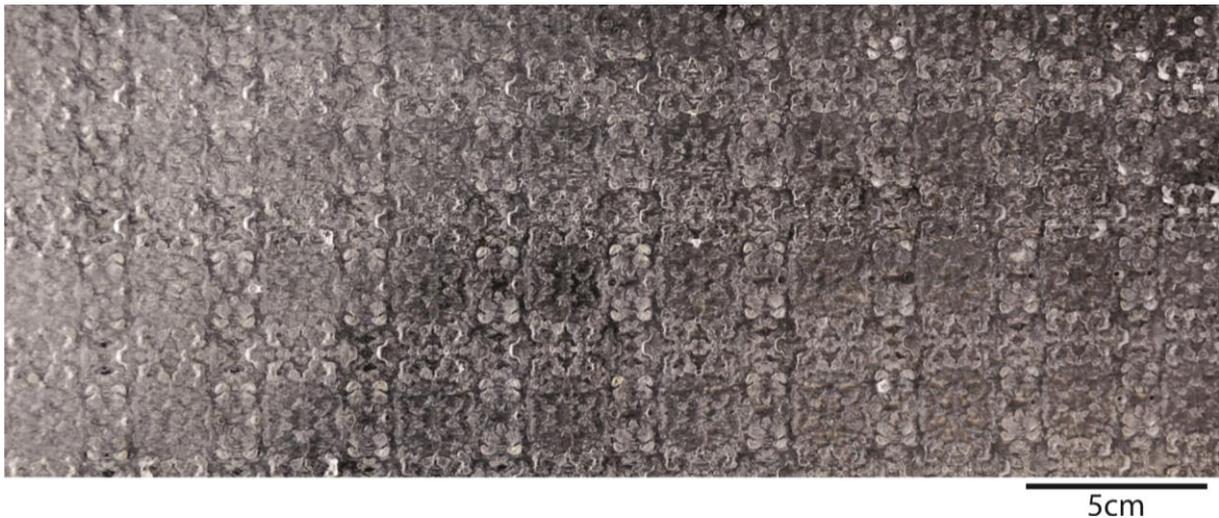


Figura 30: chapa de acrílico usinada com a textura do líquen em tamanho real (profundidade máxima de 4 mm).



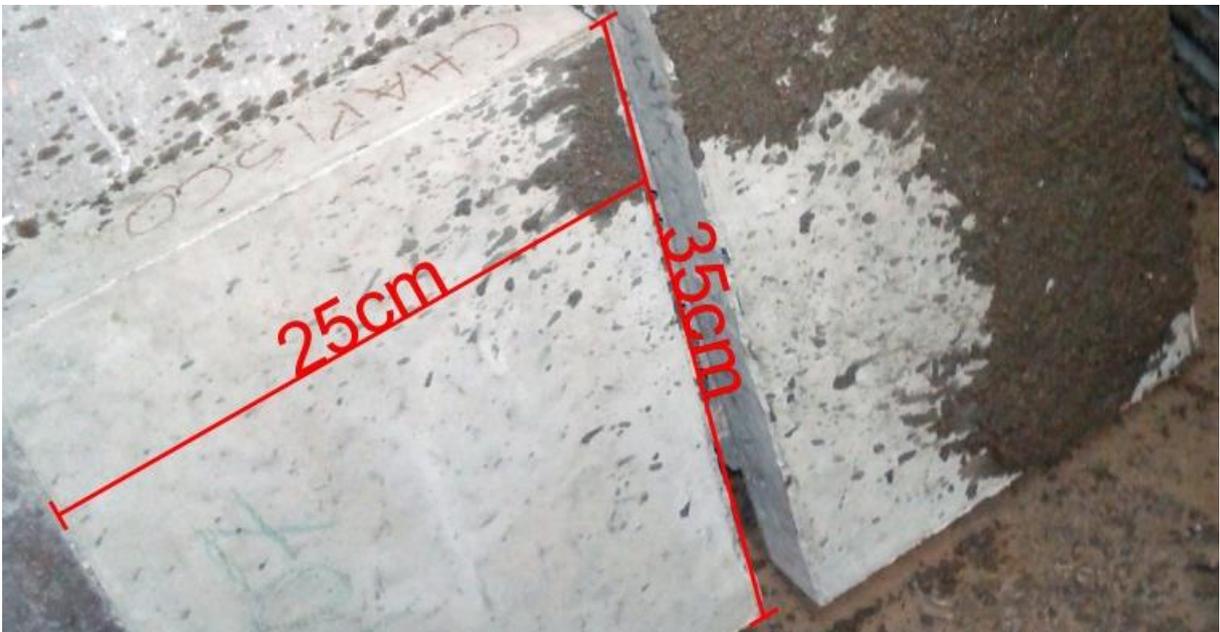
Com o software Geomagic Studio® verificou-se que a diferença das potenciais áreas de contato das da textura nas diferentes escalas pode ser considerada desprezível, sendo que da escala 100% para a 62,5% houve uma diminuição de apenas 3%.

A confecção das chapas usinadas com a textura do córtex inferior do líquen permitiu que se desse início a etapa de fabricação dos prismas de concreto com textura do líquen, cujos resultados são apresentados no subitem a seguir.

4.2 FABRICAÇÃO DOS PRISMAS E CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO UTILIZADO NA CONFEÇÃO DO SUBSTRATO

Três tipos de texturas foram moldados diretamente no concreto, resultando seis prismas com a rugosidade Líquen, em escalas diferentes, obtido através da usinagem da chapa de PMMA colocada no fundo das fôrmas dos painéis de concreto. Ainda, foram moldados dois prismas lisos, que receberam o acabamento superficial com a confecção do chapisco convencional, realizado com pá de pedreiro (figura 31).

Figura 31: aplicação do chapisco nas placas lisas.



As superfícies gravadas com o líquen apresentaram algumas porosidades (figura 32B, C e D), provavelmente resultantes da vibração das amostras para assentamento do concreto no molde. A rugosidade Chapisco mostrou-se bastante desuniforme (figura 32A), e isso se deve porque a fabricação da textura é feita através da força e habilidade do pedreiro, que por mais especializado seja, não possui um controle uniforme da aplicação da textura. Já na figura 33 são mostrados os painéis moldados com os líquens já enformados novamente para receber a argamassa de revestimento.

Figura 32: acabamentos das superfícies de concreto: A – Chapisco; B – Líquen 100% (tamanho real do líquen); C – Líquen 87,5% (redução do líquen para uma profundidade de textura em 3,5mm); D – Líquen 62,5% (redução do líquen para uma profundidade de textura em 2,5mm).

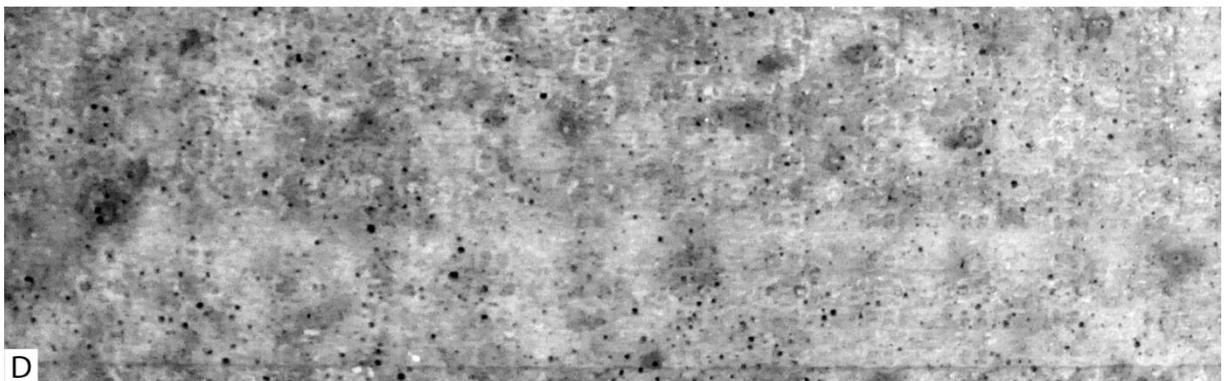
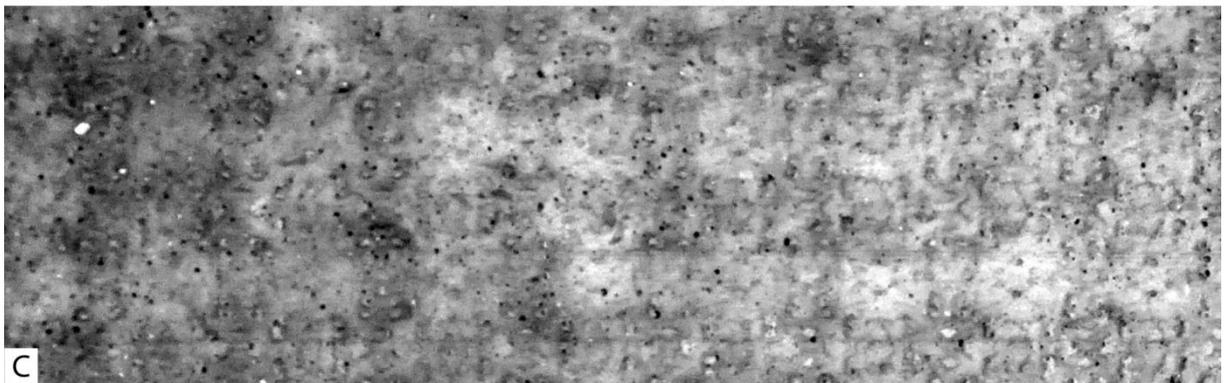
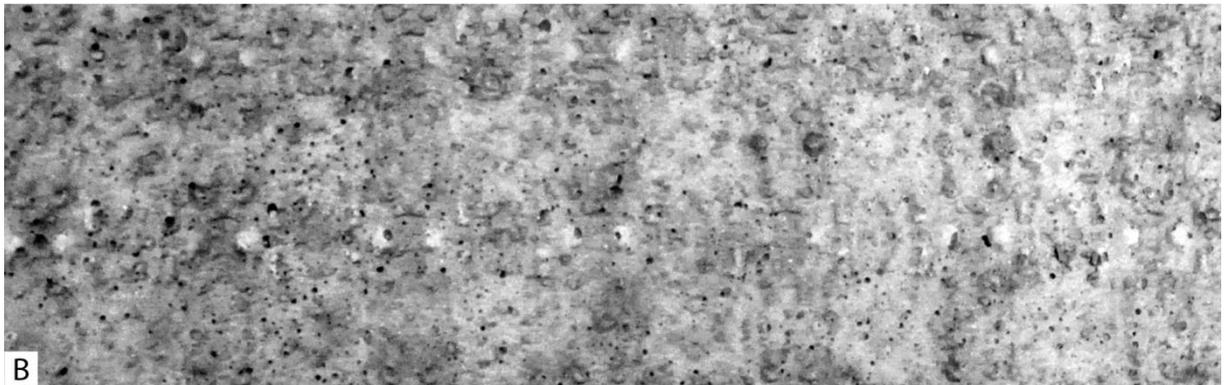


Figura 33: Painéis de concreto moldados e preparados para o recebimento da argamassa de revestimento. Painéis em conformidade com a NBR 13528 (ABNT, 1995).



Os ensaios de resistência à compressão do concreto do substrato foram realizados aos 28 dias de cura do concreto, conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007). Os resultados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: resistência à compressão do concreto do substrato aos 28 dias.

Compressão	
Amostra	MPa
CP1	36,74
CP2	37,70
CP3	39,50
CP4	39,50
CP5	37,70
CP6	39,50
Média	38,44
Desv. Pad.	1,21

Como pode ser observado, o valor de resistência à compressão do concreto se mostrou aproximado aos 35 MPa esperado, classificando as amostras como um concreto de alta resistência à compressão. A consistência do concreto resultou num abatimento de 95mm, conforme ensaio orientado pela NBR NM 67:96 (NORMA MERCOSUR, 1996).

4.3 FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO UTILIZADA NA CONFECCÃO DAS AMOSTRAS

Na tabela 3 são apresentados os resultados dos ensaios de resistência à compressão e flexão a 3 pontos da argamassa, em estado endurecido. Os ensaios ocorreram aos 28 dias de idade da argamassa e, conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005).

Tabela 3: resultado de resistência à compressão e tração na flexão da argamassa

Flexão 3 pontos		Compressão	
Amostra	MPa	MPa	MPa
CP1	0,135	11,930	12,180
CP2	0,160	13,930	13,370
CP3	0,135	9,810	10,060
CP4	0,135	8,810	11,310
CP5	0,135	13,000	13,250
CP6	0,080	12,375	11,560
Média	0,13	11,6425	11,955
Desv. Pad.	0,03	1,95	1,26

Conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005), a argamassa utilizada é da classe P6 e classe R1 quanto à resistência à tração na flexão. O índice de fluidez, realizado em conformidade com a NBR 13276 (ABNT, 2002) resultou em 280mm.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA ADERÊNCIA À TRAÇÃO

A tabela 4 apresenta os resultados de resistência de aderência à tração aos 28 dias obtidos para as rugosidades Líquen nas três diferentes escalas estudadas e Chapisco. Conforme pode ser observado, os resultados médios obtidos pelo ensaio demonstraram eficiência quanto à resistência potencial de aderência à tração para todas as rugosidades, considerando que os resultados médio foram acima de 0,30 MPa, classificando as amostras como A3 conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 4: resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para as rugosidades estudadas.

Chapisco				Líquen 100%			
CP	Tensão (MPa)	Formas de ruptura %		CP	Tensão (MPa)	Formas de ruptura %	
		Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg
CP1	0,8	90%	10%	CP13	0,74	80%	20%
CP2	1,02	90%	10%	CP14	0,63	90%	10%
CP3	1,24	0%	100%	CP15	0,56	90%	10%
CP4	0,83	90%	10%	CP16	0,76	80%	20%
CP5	1,57	10%	90%	CP17	***	***	***
CP6	1,11	0%	100%	CP18	0,3	90%	10%
CP7	1,5	70%	30%	CP19	0,5	90%	10%
CP8	0,7	90%	10%	CP20	0,62	90%	10%
CP9	0,95	90%	10%	CP21	0,71	80%	20%
CP10	0,39	90%	10%	CP22	0,69	90%	10%
CP11	0,85	80%	20%	CP23	1,26	80%	20%
CP12	0,47	90%	10%	CP24	0,56	80%	20%
Média	0,8344			Média	0,6664		
D. Pad.	0,3637			D. Pad.	0,236		
Líquen 87,5%				Líquen 62,5%			
CP	Tensão (MPa)	Formas de ruptura %		CP	Tensão (MPa)	Formas de ruptura %	
		Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg
CP25	0,18	90%	10%	CP37	0,5	90%	10%
CP26	0,57	80%	20%	CP38	0,31	90%	10%
CP27	0,52	100%	0%	CP39	0,57	100%	0%
CP28	1,35	70%	30%	CP40	0,27	90%	10%
CP29	***	***	***	CP41	0,6	100%	0%
CP30	0,4	90%	10%	CP42	1,78	10%	90%
CP31	0,86	100%	0%	CP43	1,23	100%	0%
CP32	0,48	90%	10%	CP44	0,65	90%	10%
CP33	0,23	90%	10%	CP45	***	***	***
CP34	***	***	***	CP46	0,36	90%	10%
CP35	0,57	80%	20%	CP47	***	***	***
CP36	0,63	70%	30%	CP48	0,33	100%	0%
Média	0,579			Média	0,5356		
D. Pad.	0,3337			D. Pad.	0,4819		

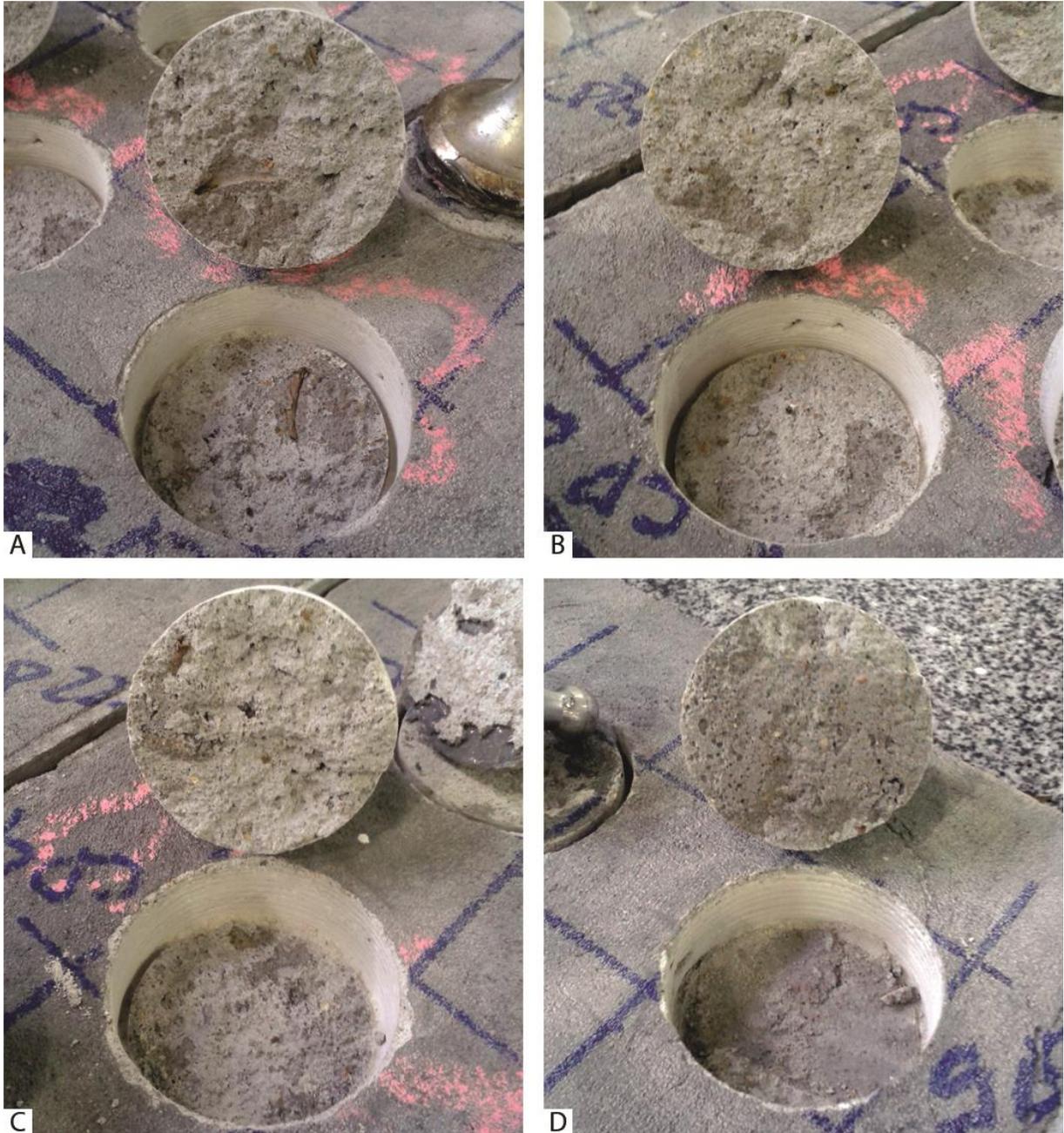
As amostras grifadas foram consideradas espúrias pelo seu rompimento ter se dado fora da interface concreto/argamassa.

A camada de revestimento chapisco se mostrou mais eficiente quanto à resistência potencial de aderência à tração, comparadas às amostras cuja interface possuía texturas inspiradas no elemento Líquen. Possivelmente isso se deve pela porosidade do chapisco ter proporcionado uma maior ancoragem ao absorver uma quantidade da água da argamassa de revestimento. Nesse sentido, as amostras com a textura do líquen ainda sofreram por terem sido confeccionadas com material polimérico, diminuindo a porosidade das suas superfícies devido à impermeabilidade.

Percebe-se também que entre as amostras que possuíam a textura do líquen na interface, existe uma nítida diminuição da resistência de aderência potencial conforme a escala da textura foi diminuída, mostrando que a superfície que continha maior profundidade das cavidades presentes na textura, é capaz de proporcionar maior macroancoragem da argamassa de revestimento na superfície de concreto, garantindo a adesão.

Os resultados também mostram que em nenhuma das amostras da camada de preparo chapisco, o rompimento se deu completamente na interface chapisco/argamassa. Os rompimentos se deram no próprio substrato de chapisco, conforme pode ser observado na figura 34, dando ênfase para a o corpo-de-prova CP5 (figura 34D), excluída das análises devido à grande parte do rompimento ter se dado fora da interface chapisco/argamassa de revestimento. Outra observação é que nenhum dos corpos-de-prova com a camada de preparo chapisco romperam na interface substrato de concreto/chapisco, mostrando o alto efeito de capilaridade da argamassa do chapisco sobre a superfície do concreto, devido à alta quantidade de água na composição.

Figura 34: amostras rompidas com chapisco na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP1; B – CP2; C – CP3; D – CP4.



Quanto à textura do Líquen 100%, percebe-se que todos os rompimentos se deram de início na argamassa conforme pode ser visualizado nas periferias dos corpos-de-prova (figura 35) e seguiram para a interface concreto/argamassa (com ênfase no corpo-de-prova CP23 (figura 35C)), ou seja, é possível que a resistência de aderência potencial fosse maior caso o rompimento se desse 100% na interface.

Figura 35: amostras rompidas com a textura do Líquen 100% na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP21; B – CP22; C – CP23; D – CP24.



Quanto os corpos-de-prova das amostras com textura Líquen 87,5% (figura 36) e 62,5% (figura 37) na interface concreto/argamassa de revestimento, alguns rompimentos se deram 100% na interface dos substratos, mostrando os valores entendidos como iguais a verdadeira resistência de aderência à tração. Porém, resultados como aqueles atribuídos aos corpos-de-prova CP25, CP33, CP38, CP40,

CP46 e CP38 se tornam preocupantes por não atingirem e/ou atingirem valores aproximados ao mínimo de resistência de aderência à tração conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005), para revestimento externo.

Figura 36: amostras rompidas com a textura do Líquen 87,5% na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP25; B – CP26; C – CP27; D – CP28.

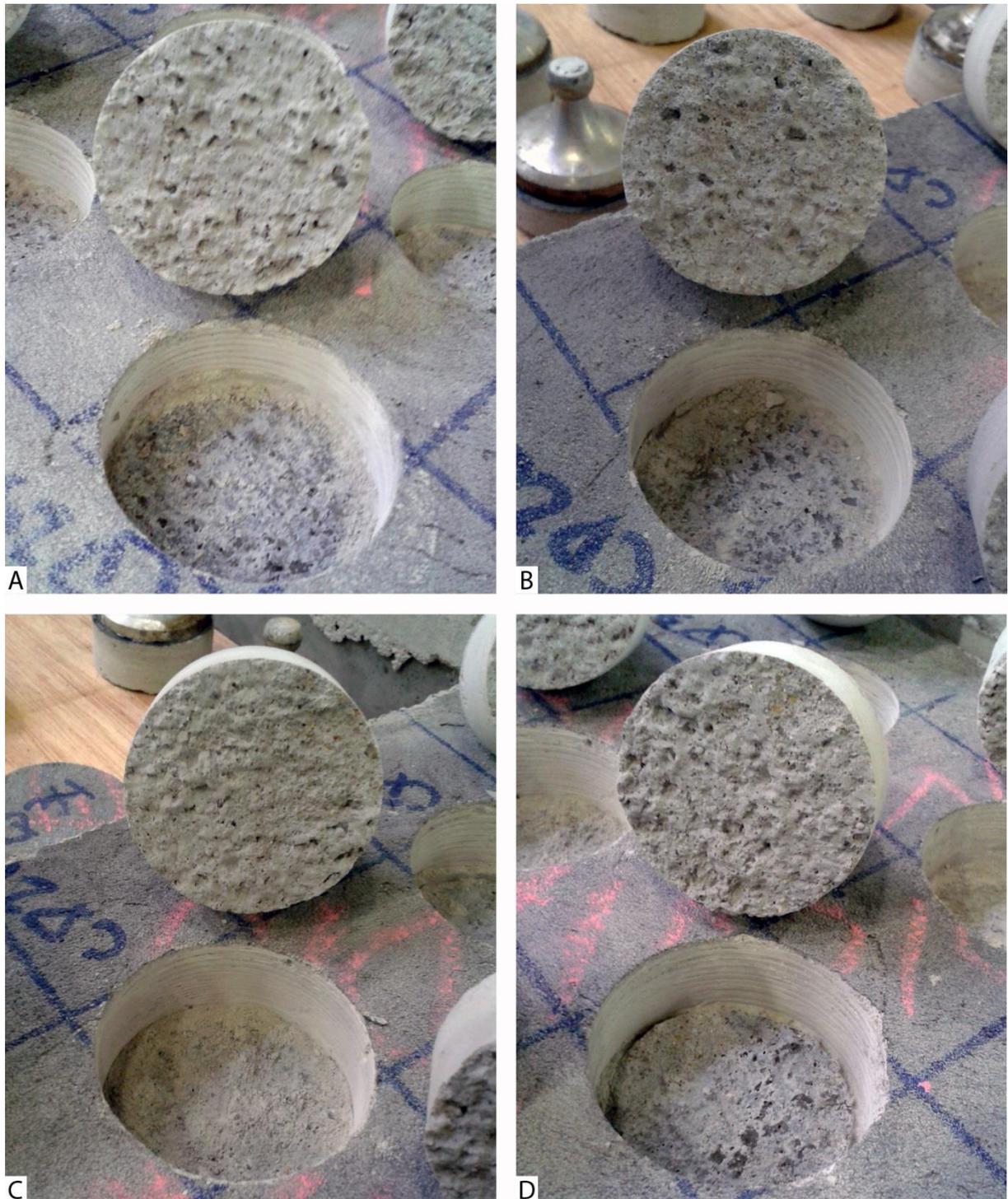


Figura 37: amostras rompidas com a textura do Líquen 62,5% na interface concreto/argamassa de revestimento. A – CP43; B – CP44; C – CP46; D – CP48.



4.5 ANÁLISE DE INTERFACE ARGAMASSA/SUBSTRATO DE CONCRETO COM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO

A análise com o microscópio estereoscópico foi realizada a partir de cortes feitos nos prismas de cada tipo de textura de interface. A análise teve por objetivo verificar a área de contato da argamassa ao substrato nas rugosidades estudadas. Vale ressaltar que a análise realizada com o microscópio estereoscópico é de caráter exploratório e as imagens são apenas ilustrativas, devido ao fato de que as áreas observadas são pontuais e não representam a área total ensaiada.

Na figura 38 é apresentada a imagem da amostra realizada com o microscópio estereoscópico, sendo a argamassa aplicada ao substrato com o tratamento de superfície Chapisco. Na imagem A percebe-se o aparecimento de bolha na interface painel de concreto/chapisco, mostrando que apesar da alta molhabilidade do chapisco, algumas partes não se aderiram por completo à superfície do concreto, enquanto que na imagem B, a bolha se deu na superfície chapisco/argamassa de revestimento, explicado por Courard (1998), que sugere que as reentrâncias, bastante presentes nesse tipo de camada de preparo, pode propiciar o aparecimento de bolhas de ar presas aos orifícios durante o assentamento da argamassa, diminuindo a área eficaz de aderência. Ainda assim, a imagem C mostra que em algumas partes houve total aderência da argamassa de revestimento à camada de preparo chapisco, o que vem a beneficiar a alta resistência de aderência à tração. Porém, ainda na figura 38, percebe-se alta disparidade quanto à espessura do chapisco, ocasionada pela intervenção humana durante a aplicação dessa camada de preparo. Calculando a média das espessuras apresentadas nas cotas, em vermelho, o resultado obtido é de 4,97 mm, desvio padrão de 0,86 mm, valor dentro da espessura máxima de 5 mm, esperada para a camada de preparo.

Na figura 39 é apresentada a imagem realizada com o microscópio estereoscópico, da argamassa aplicada ao substrato com rugosidade Líquen 100%. Observa-se na imagem A, na interface substrato/argamassa, uma total extensão da aderência. Já na imagem B, o surgimento de uma bolha que pode ter interferido na resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento. Essa bolha pode ter surgido devido à baixa porosidade do concreto, tanto por ser de alta resistência à compressão, quanto pelo aprisionamento de ar durante a aplicação da argamassa

de revestimento, devido ao material impermeável utilizado na moldagem da superfície do painel de concreto (PMMA). Ainda assim, quando comparada a bolha verificada no Chapisco, na figura 38B, essa se faz menos proeminente. Na figura 39C ainda pode-se observar os resíduos da argamassa na superfície de concreto após o ensaio de resistência de aderência à tração, conforme discutido anteriormente.

Figura 38: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com chapisco na interface concreto/argamassa de revestimento. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000 μ m. A – 1: 5,08mm. 2: 5,2mm. 3: 5,9mm. 4: 6,3mm; B – 5: 5mm. 6: 4,3mm. 7: 4,9mm. 8: 3,4mm. C - 9: 6,2mm. 10: 4,66mm. 11: 4,4mm. 12: 4,2mm.

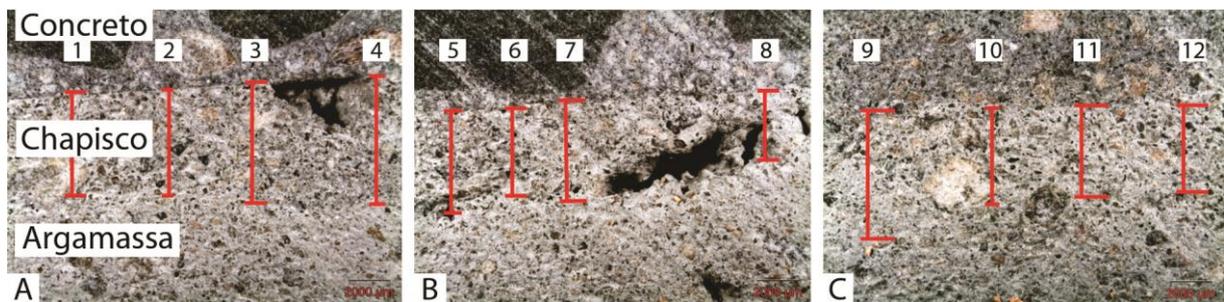


Figura 39: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com a textura Líquen 100% gravada na superfície do substrato de concreto. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000 μ m.



Nas figuras 40 e 41 são mostradas as imagens adquiridas com o microscópio estereoscópio das amostras com as superfícies Líquen 87,5% e Líquen 62,5% na interface substrato de concreto/argamassa de revestimento, respectivamente. Em ambas as amostras, nas imagens A se percebe a completa aderência da argamassa de revestimento junto às texturas gravadas nos painéis de concreto. Nas imagens B são observados os aparecimentos de bolhas de ar, provavelmente ocasionado pelo mesmo aparecimento de bolha de ar na amostra do Líquen 100%: devido à baixa porosidade do concreto, tanto por ser de alta resistência à compressão, quanto pelo material impermeável utilizado na moldagem

da superfície do painel de concreto (PMMA). Nas imagens C das duas amostras são verificados resíduos da argamassa após o ensaio resistência de aderência à tração. Uma observação interessante é que na figura 40C verifica-se a presença de uma bolha de ar que, apesar da tração recebida durante o ensaio de resistência, não foi responsável pela perda de resistência de aderência, por se perceber os resíduos da argamassa que a encobrem.

Figura 40: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com a textura Líquen 87,5% gravada na superfície do substrato de concreto. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000µm.



Figura 41: imagens adquiridas através de equipamento microscópio estereoscópio. Amostra com a textura Líquen 62,5% gravada na superfície do substrato de concreto. Aumento 0.7x com barra de escala fixada em 2000µm.



5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo e as análises realizadas, nesse capítulo são apresentadas as conclusões, válidas para os materiais, técnicas e equipamentos utilizados nessa pesquisa.

Quanto à metodologia utilizada para os estudos biônicos, essa se demonstrou eficaz para verificar as funções e propriedades do elemento natural e, principalmente, na aquisição dos dados para a prática do projeto. As análises microscópicas permitiram observar a textura de fixação do líquen através da presença das rugosidades do tipo “vales e montanhas”, além das rizinas que, assim como a argamassa de revestimento, realizam microancoragens no substrato em que o líquen está fixado.

Destaca-se nesse projeto a utilização do equipamento de digitalização tridimensional a laser para a aquisição dos dados topográficos do córtex inferior do líquen. Essa técnica permitiu a obtenção das formas do elemento natural com grande precisão, evitando a necessidade de modelamento da estrutura.

A confecção do molde por usinagem CNC em placa de PMMA se mostrou bastante demorada. Mesmo assim, os resultados de usinagem foram satisfatórios e foi possível a gravação das texturas nas superfícies dos painéis de concreto. Ainda assim, sugere-se que se utilize outro método de fabricação dos moldes quando feitos em materiais poliméricos, como o processo de injeção ou termoformagem.

Tanto os moldes quanto os materiais e métodos utilizados para a confecção dos painéis de concreto, permitiram a gravação das texturas na superfície dos painéis, porém, para o molde também seria interessante à utilização de um material mais permeável, que proporcionasse maior porosidade na superfície, e que permitiria maiores possibilidades de microancoragens da argamassa de revestimento no substrato de concreto. Porém, a utilização de um material polimérico no estudo se justifica devido à facilidade na produção de fôrmas e por ser amplamente utilizado nos moldes de painéis de concreto.

Quanto aos resultados obtidos pelo ensaio de resistência de aderência à tração, é possível concluir que a inserção da textura adquirida do córtex inferior do elemento natural Líquen 100% (com 4 mm de profundidade máxima da textura) é eficiente para causar resistência de aderência à tração das argamassas de revestimento em substratos de concreto, conforme foi verificado junto à ABNT,

atendendo os requisitos das normas técnicas. Apesar das amostras Líquen 87,5% (com 3,5 mm de profundidade máxima da textura) e Líquen 62,5% (com 2,5 mm de profundidade máxima da textura) também apresentarem valores satisfatórios quantos às exigências da ABNT, as amostras do Líquen 100% apresentaram resultado mais elevado, além de uma menor variabilidade nos resultados, mostrando ser mais eficiente quanto à resistência potencial de aderência à tração.

Quando comparado à camada de preparo chapisco, os resultados de aderência à tração apresentados pela textura Líquen 100% na interface substrato de concreto/argamassa de revestimento, se demonstraram menos variáveis, ou seja, como não houve a intervenção humana, a camada de preparo se mostrou mais uniforme diante os ensaios. Isso se deu, provavelmente, devido à variação de força do operário na aplicação do chapisco sobre a superfície do painel de concreto e, também, na alta variabilidade da espessura dessa camada de preparo.

Neste estudo também comprova-se que quanto maior a diferença de altura entre os “vales e montanhas” da textura, maior a resistência de aderência à tração, devido aos resultados obtidos para a textura Líquen 100% (maior aderência), e a mesma textura em escala menor Líquen 87,5% (aderência intermediária) e Líquen 62,5% (menor aderência). Essa diminuição da escala provocou a diminuição da rugosidade, provocando menores macroancoragens da argamassa de revestimento na superfície do concreto.

Ainda que as amostras que receberam a camada de preparo chapisco convencional apresentaram um valor de resistência à tração maior do que as amostras que receberam a textura superficial Líquen, a utilização da textura na superfície dos painéis de concreto também se justifica devido às vantagens ambientais que a técnica prevê, como a utilização de menos materiais na obra que compunham o chapisco, como o agregado miúdo retirado dos leitos de rios.

Além das vantagens ambientais, as vantagens econômicas se destacam para a utilização da textura Líquen 100% nas superfícies dos painéis de concreto, por minimizar o tempo de obra causado pela execução e cura do chapisco. Isso também implica na diminuição de custos de mão-de-obra.

Dessa forma, a hipótese se comprova. A forma encontrada no córtex inferior do líquen, quando aplicada na superfície de painéis de concreto, consegue atingir resistência de aderência à tração necessária para a fixação da argamassa de

revestimento ao substrato, tornando-se um caminho à substituição do chapisco nas edificações.

Esse trabalho demonstrou, mais uma vez, que a natureza, após milhares de anos de evolução, desenvolveu e selecionou aquilo que funciona e o que é sustentável, e contribui com os projetistas como uma fonte efervescente de soluções e respostas aos problemas de design e engenharias, devendo ser, cada vez mais, amplamente observada e estudada com o intuito de aprimorar as invenções humanas.

Ao desenvolver um experimento, como apresentado neste trabalho, muitas vezes uma grande quantidade de dúvidas relacionadas às ideias pode vir a surgir, ao longo das atividades de planejamento e ensaios. Estas dúvidas e sugestões podem auxiliar no desenvolvimento de novas pesquisas com tema semelhante. Assim sendo, como continuidade deste trabalho sugere-se, primeiramente, o estudo da interferência de diferentes materiais empregados nos moldes, quanto ao resultado de resistência de aderência à tração. Materiais mais permeáveis, provavelmente, deixarão as superfícies de concreto mais porosa e, conseqüentemente, permitirão maiores microancoragens da argamassa de revestimento. Polímeros diferentes, com maior permeabilidade, podem trazer resultados significantes. Também é interessante verificar as reologias das argamassas que se comportem mais satisfatoriamente quando o molde do concreto é feito em diferentes materiais, quanto à resistência de aderência à tração.

Também sugere-se que sejam realizados ensaios de cisalhamento para a verificação do desempenho das texturas quanto a tensão tangencial, quando aplicado forças paralelas em sentidos opostos.

Outra questão que pode ser estudada é a digitalização tridimensional dos diferentes tipos de chapiscos utilizados em obras e estampagem na superfície de concreto, além da observação e aquisição de dados formais de outros elementos naturais que desempenham a função de aderência e fixação em diferentes substratos, ou que apresentem superfície rugosa passível de ser estudada e aplicada em superfícies de concreto.

O conceito de Design de Superfície também pode ser revisto e ampliado, prevendo os casos cuja textura encontre-se em uma interface substrato/substrato, ao invés de substrato/fluído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bitts and Bites*. (2012). Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em http://bittsandbytes.net/NOVEMBER_2012/11.08.12.html
- ABEMEC. (s.d.). Acesso em 01 de Março de 2010, disponível em Associação Brasileira de Engenheiros Mecânicos: <http://www.comunitec.com.br/abemec-rs/>
- ABNT. (1991). *NBR 11578 – Cimento Portland Composto*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. (1991). *NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. (1991). *NBR 5736: Cimento Portland Pozolânico - Especificações*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. (1995). *NBR 13528: Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas - Determinação da Resistência de Aderência à Tração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas . Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. (1998). *Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT. (1998). *NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT. (2002). *NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT. (2005). *NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. (2005). *NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimentos de paredes e tetos - Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. (2007). *NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT.

- ABNT. (2010). *NBR 13578: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT.
- ALHANATI, L. S. (s.d.). *Fisicoquímica - Tensão Superficial*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em http://alfaconnection.net/pag_avsf/fqm0101.htm
- ALLGAYER, R. (2009). *Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- ALLGAYER, R. (2009). *Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. (2008). Parede de concreto. In: *Coletânea de Ativos*. São Paulo.
- BALDWIN, A., POON, C.-S., SHEN, L.-Y., AUSTIN, S., & WONG, I. (13 de Março de 2009). Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction. *Renewable Energy*, pp. 2069-2073.
- BAR-COHEN, Y. (Abril de 2006). Biomimetics - using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & Biomimetics*, 1, 1-12.
- BARTH, F., & VEFAGO, L. H. (2007). *Tecnologia de fachadas pré-fabricadas*. Florianópolis: Letras Contemporâneas.
- BENYUS, J. M. (2007). *Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza* (3ª Ed ed.). São Paulo, SP, Brasil: Cultrix.
- Business Pundit. (2012). *10 Amazing Scientific Advances That Came From Copying Nature*. Acesso em 05 de Junho de 2013, disponível em <http://www.businesspundit.com/10-amazing-scientific-advances-that-came-from-copying-nature/>
- CARASEK, H., CASCUDO, O., & SCARTEZINI, L. M. (2001). Importância dos Materiais na Aderência dos Revestimentos de Argamassa. *Anais IV Simpósio Brasileiro de Tecnologias da Argamassa*, (pp. 43-67). Brasília.
- Catablogando Saberes*. (s.d.). Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em <http://catablogandosaberes.blogspot.com.br/2010/04/da-segunda-guerra-para-sala-de-estar.html>

- CEOTTO, L. H., BANDUK, R., & NAKAKURA, E. H. (2005). *Revestimentos de argamassas: Boas Práticas em Projeto, Execução e Avaliação* (Vol. 1). Porto Alegre: ANTAC.
- CERVO, A. L., & BERVIAN, A. (2002). *Metodologia Científica*. São Paulo: Prentice Hall.
- CLASSE. (s.d.). Acesso em Julho de 2012, disponível em L'Histoire De L'Aviation: <http://classe5.voila.net/histoire/aviation/aviation.htm>
- COCCARO, D. B. (2001). *Estudo da determinação de elementos-traço em líquens para monitoração ambiental*. Autarquia associada à Universidade de São Paulo, Inst. de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- COURARD, L. (1998). *Contribution à l'analyse des paramètres influençant la création de l'interface entre un béton et un système de réparation. Appétence et adhérence : cause et effet d'une liaison*. Tese, Université de Liège, Département Argenco, Liège.
- DETANICO, F. (2011). *Sistematização dos Princípios de Solução da Natureza para Aplicação no Processo Criativo do Projeto de Produtos*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- DURBIN, D. (2012). *Experimentation*. Acesso em 05 de Junho de 2013, disponível em <http://www.experimentation-online.co.uk/article.php?id=1428>
- Ecouterre. (2010). *Ecouterre - Wearable Technology*. Acesso em 18 de Junho de 2013, disponível em <http://www.ecouterre.com/morphotex-dress-mimics-butterfly-wing-shimmer-without-any-dyes/>
- ESTOL, C. C. (2009). *Desenvolvimento de um método anti-distorções para aplicação em problemas de design de superfície de formas tridimensionais não aplicáveis*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- FINA. (01 de Janeiro de 2011). *Fina Requirements For Swimwear Approval (FRSA)*. Fonte: Federation Internationale de Natation: <http://www.fina.org/H2O/docs/rules/FRSA.pdf>
- FLEIG, M., GRÜNINGER, W., MAYER, W.-E., & HAMPP, R. (2008). *Líquens da Floresta com Araucária do Rio Grande do Sul* (Pró-mata: Guia de Campo n. 3 ed.). Tübingen, Germany: University of Tübingen.

- GARBACZ, A., COURARD, L., & KOSTANA, K. (2006). Characterization of concrete surface roughness and its relation to adhesion in repair systems. *Materials Characterization*, 56, pp. 281–289.
- GASPAR, P. L., FLORES-COLEN, I., & BRITO, J. (2007). Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Anomalias por Perda de Aderência em Rebocos. 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa.
- GASPERIN, J. (2011). *Aderência de Revestimentos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência da Forma de Aplicação e Composição do Chapisco*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.
- GUBERT, M. L. (2011). *Design de Interiores: a Padronagem como Elemento Compositivo no Ambiente Contemporâneo*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- JBRJ. (s.d.). *Conhecendo o Jardim: Vitória-Régia*. Acesso em Julho de 2012, disponível em Jardim Botânico do Rio de Janeiro: http://jardimbotanicorj.blogspot.com.br/2010/06/vitoria-regia_27.html
- KINDLEIN JÚNIOR, W. (s.d.). *Laboratório de Design e Seleção de Materiais*. Acesso em 20 de Outubro de 2012, disponível em Laboratório de Design e Seleção de Materiais.
- KINDLEIN JÚNIOR, W., & GUANABARA, A. S. (Abril de 2005). Methodology for product design based on the study of bionics. *Materials & Design*, 26(2), pp. 149-155.
- KINDLEIN JUNIOR, W., HUBNER, A. B., STOLZ, C. M., & ALVES, A. K. (2012). *Biônica e Design de Superfície: Influência da textura na molhabilidade de superfícies naturais e artificiais*. São Luiz: P&D Design.
- LdSM. (2005). *CD Biônica*. Porto Alegre: Laboratório de Design e Seleção de Materiais.
- LEAL, F. C. (2003). *Estudo do Desempenho do Chapisco como Procedimento de Preparação de Base em Sistemas de Revestimento*. Dissertação, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília.
- LEYSER, M. (2012). *Texturas Visuais em Embalagens para Cosméticos Femininos: Estudo de Caso de um Produto no Mercado*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.

- LIU, Y., & LI, G. (2012). A new method for producing “Lotus Effect” on a biomimetic shark skin. *Journal of Colloid and Interface Science*(388), 235-242.
- LMC. (s.d.). *Crystal Palace*. Acesso em Julho de 2012, disponível em Laboratório de Mecânica Computacional: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/estruturas/cristal.htm>
- MAGALHÃES, A. C. (Outubro de 2002). Patologia de Rebocos Antigos. *LNEC, Cadernos de Edifícios*.
- MAYER, J. (23 de 01 de 2009). *Memorial Website*. Acesso em Maio de 2012, disponível em Jack Ellwood Steele: <http://www.ilasting.com/jacksteele.php>
- MOREIRA, K. A. (2009). *Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto*. Dissertação, UTFPR, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba.
- MORENO JÚNIOR, R., & SELMO, S. M. (2007). *Aderência de Argamassas de Reparo de Estruturas de Concreto*. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.
- MOURA, C. B. (2007). *Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência das Condições de Temperatura e Ventilação na Cura do Chapisco*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia Civil, Porto Alegre.
- MÜLLER, A. (2010). *Avaliação da Aderência de diferentes tipos de chapisco sobre substrato de concreto*. Trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre.
- NORMA MERCOSUR. (1996). *Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco do Cone*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NUNES, A. L., & TEIXEIRA, G. A. (2007). *Ciência e Arte: Razão e Sensibilidade. XVII Simpósio Nacional De Ensino De Física*. São Luis.
- OLIVEIRA, L. A. (2002). *Tecnologia de Painéis Pré-Fabricados Arquitetônicos de Concreto para Emprego em Fachadas de Edifícios*. Dissertação, Escola Politécnica da Universidade São Paulo, Engenharia de Construção Civil e Urbana, São Paulo.
- OLIVEIRA, M. M. (2012). *Design de Superfície: Proposta de Procedimento Metodológico para a Criação de Estampas Têxteis com Referência em*

- Elementos Naturais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- ORLANDI, S. A. (1979). *A Industrialização da Construção: Alguns Conceitos Voltados para o Edifício Atual*. São Paulo: EPUSP.
- PAGNASSAT, D. T. (2008). *Contribuição para o entendimento dos mecanismos microestruturais de aderência de argamassas de revestimento em substratos porosos*. Proposta de Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PaintPRO. (2005). *Lotusan Self-Cleaning Paint*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em http://www.paintpro.net/Articles/PP705/PP705_ProductProfiles.cfm
- PATY, M. (2004). A gênese da causalidade física. *Scientle Studia*, 2(1), 9-32.
- PIPPI, L. F. (2010). *Design de superfície: um estudo sobre aplicação do termocromismo em camisetas*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- PRETTO, M. J. (2007). *Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia Civil, Porto Alegre.
- Proyecto Profundiza. (2012). *Cuando la Materia Gris se Vuelve Brillante*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em <http://degrisabrillante.wordpress.com/el-velcro-y-la-seda/>
- QUÉRÉ, D. (2002). Surface chemistry: Fakir droplets. *Nature materials*, pp. 14-15.
- RAMOS, J., & SELL, I. (Novembro de 1994). A biônica no projeto de produtos. *Produção*, 4, 95-108.
- RICHARDSON, J. (2003). Precast concrete structural elements. *Advanced Concrete Technology*, 4, pp. 3-46.
- RINALDI, R. M. (2013). *A intervenção do Design nas Superfícies projetadas: processos multifacetados e estudos de caso*. Tese, Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Design, Bauru.
- RUIDUIT, F. R. (2009). *Contribuição ao estudo da aderência de revestimento de argamassa e chapisco em substratos de concreto*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

- RUTGERS. (2013). *Large Image of Cocklebur Seed Capsule*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em <http://njaes.rutgers.edu/weeds/full.asp?cocklebur-seed>
- RUTHSCHILLING, E. A. (2006). *Núcleo de Design de Superfície – UFRGS*. Acesso em 31 de Maio de 2013, disponível em <http://www.nds.ufrgs.br>
- SABBATINI, F. H., & AGOPYAN, V. (1991). *Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos*. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP.
- SAMAHA, M. A., TAFRESHI, H. V., & GAD-EL-HAK, M. (2012). Superhydrophobic surfaces: From the lotus leaf to the submarine. *Comptes Rendus Mecanique*, 340, pp. 18-34.
- SANTOS, H. B. (2008). *Ensaio de aderência das argamassas de revestimento*. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Engenharia de Materiais e Construção, Belo Horizonte.
- SCHWARTZ, A. D., & NEVES, A. F. (2009). Design de Superfície: abordagem projetual geométrica e tridimensional. In: M. S. MENEZES, & L. C. PASCHOARELLI (Eds.), *Design e planejamento: aspectos tecnológicos* (p. 277). São Paulo: UNESP.
- SCIENCE & SOCIETY. (s.d.). *Crystal Palace, Hyde Park, London, 1851*. Acesso em Julho de 2012, disponível em <http://www.ssplprints.com/image/103419/unattributed-crystal-palace-hyde-park-london-1851>
- SILVA, F. P. (2006). *O uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos*. Dissertação para obtenção do título de mestre em engenharia. Dissertação, UFRGS, Departamento de Engenharia de Materiais, Porto Alegre.
- SILVA, J. d. (2011). *Alvenaria estrutural e painéis pré-moldados: estudo comparativo dos sistemas construtivos*. UFRGS, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre.
- SILVA, V. S., & LIBÓRIO, J. L. (2002). *Estudo da Aderência da Argamassa de Revestimentos e Chapisco em Estruturas de Concreto Armado*. Acesso em 07 de Agosto de 2012, disponível em www.impercia.com.br
- SILVEIRA, F. L. (2011). *Uso de Usinagem por Jato de Água, Usinagem por Controle Numérico Computadorizado e Corte a Laser no Design de Superfícies Tácteis*

- a Partir de Padrões Modulares Encaixáveis em Ágata e Cedro*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- SINGH, A. V., RAHMAN, A., KUMAR, N. S., ADITI, A. S., GALLUZZI, M., BOVIO, S., . . . PARAZZOLI, E. (2012). Bio-inspired approaches to design smart fabrics. *Materials and Design*(36), 829-839.
- SOARES, M. A. (2008). Biomimetismo e Ecodesign: Desenvolvimento de uma ferramenta criativa de apoio ao design de produtos sustentáveis. Lisboa, Portugal: Universidade Nova de Lisboa.
- SPTV. (26 de Julho de 2012). *Globo TV*. Fonte: Globo.com: <http://globo.com/rede-globo/sptv-2a-edicao/v/reboco-da-ponte-da-casa-verde-despenca-na-pista-da-marginal-tiete/2060156/>
- Squidoo. (s.d.). *Shark Skin Swimsuit*. Acesso em 06 de Junho de 2013, disponível em <http://www.squidoo.com/fastskin-shark-skin-swimsuit>
- STEIGLEDER, A. (2010). *Estudo morfológico da planta salvinia molesta: uma contribuição para a biônica e o design de produto*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre.
- STILLBLOG. (s.d.). *Stillblog*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em <http://stillblog.net/?p=439>
- STOLZ, C. M. (2011). *Influência da Interação entre Parâmetros Reológicos de Argamassas e a Área Potencial de Contato de Substratos na Aderência de Argamassas de Revestimento*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre.
- TEIXEIRA, E. H. (1986). *Manual técnico de pré-fabricados de concreto*. São Paulo: Projeto.
- The Biomimicry 3.8 Institute. (2012). *Ask Nature*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em Stain-resistant fabric with less fluorochemical usage: <http://www.asknature.org/product/28dac96ae850e0972f1a61db94844994>
- The Biomimicry 3.8 Institute. (2012). *Hydrophobic surface allows self-cleaning: sacred lotus*. Acesso em 17 de Junho de 2013, disponível em Ask Nature: <http://www.asknature.org/strategy/714e970954253ace485abf1cee376ad8>

- The Biomimicry 3.8 Institute. (2012). *Morphotex structural colored fibers*. Acesso em 18 de Junho de 2013, disponível em Ask Nature: <http://www.asknature.org/product/4c0e62f66bcccabf55a1f189da30acb3>
- UAEC. (Julho de 2012). *Clement Ader*. Fonte: Unidade Acadêmica de Engenharia Civil: <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/ClentF0A.html>
- VASCONCELOS, A. C. (2002). *O concreto no Brasil: Pré-Fabricação, Monumentos, Fundações* (Vol. III). Rio de Janeiro: Studio Nobel.
- VINCENT, J. (2006). Applications - Influence of Biology on Engineering. *Journal of Bionic Engineering*, 3, pp. 161-177.
- WAN-TING, C., & SHANG-CHIA, C. (2009). Discussion on Theories of Bionic Design. *International Association of Societies of Design Research*.
- WU, L.-y., HAN, Z.-w., QIU, Z.-m., GUAN, H.-y., & REN, L.-q. (2007). The Microstructures of Butterfly Wing Scales in Northeast of China. *Journal of Bionic Engineering*, pp. 47-52.
- Ye, X., Jackson, T. R., & Patrikalak, N. M. (1996). Geometric design of functional surfaces. *Computer-Aided Design*, 28(9), 741-752.
- YIN, R. K. (2005). *Estudo de Casos - Planejamento e Métodos*. São Paulo: Bookman.
- YOSHIDA, A. T., & BARROS, M. M. (1995). Caracterização de Argamassas no Estado Fresco - Peculiaridades da Análise de Argamassas Industriais. *Anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*. Goiania: SBTA.
- YU, K., FAN, T., LOU, S., & ZHANG, D. (13 de Março de 2013). Biomimetic optical materials: Integration of nature's design for manipulation of light. *Progress in Materials Science*, pp. 825-873.

APÊNDICE 1

ESTUDOS REALIZADOS COM A RUGOSIDADE LISA

Além das rugosidades Líquen e Chapisco, também foram feitos estudos sobre a resistência de aderência à tração da argamassa sobre o substrato de concreto com rugosidade Lisa, ou seja, após moldados os prisma de concreto sem textura, não foi realizado tratamento superficial posterior antes do assentamento da argamassa de revestimento (figura 1).

Figura 1: rugosidade Lisa.



A rugosidade lisa se apresentou bastante uniforme (figura 2) e com porosidades menos aparentes se comparadas com a rugosidade Líquen e Chapisco.

Figura 2: rugosidade Lisa com acabamento uniforme e pouca porosidade aparente.



Após o período de 28 dias de cura do concreto, o prisma com rugosidade Lisa foi coberto por argamassa, assim como descrito com as rugosidades Líquen e Chapisco.

Aos 28 dias de idade da argamassa, foi realizado o ensaio de resistência à tração dos prismas de rugosidade Lisa, concomitantemente com os prismas. Os resultados do ensaio quanto à rugosidade Lisa são apresentados na tabela 1.

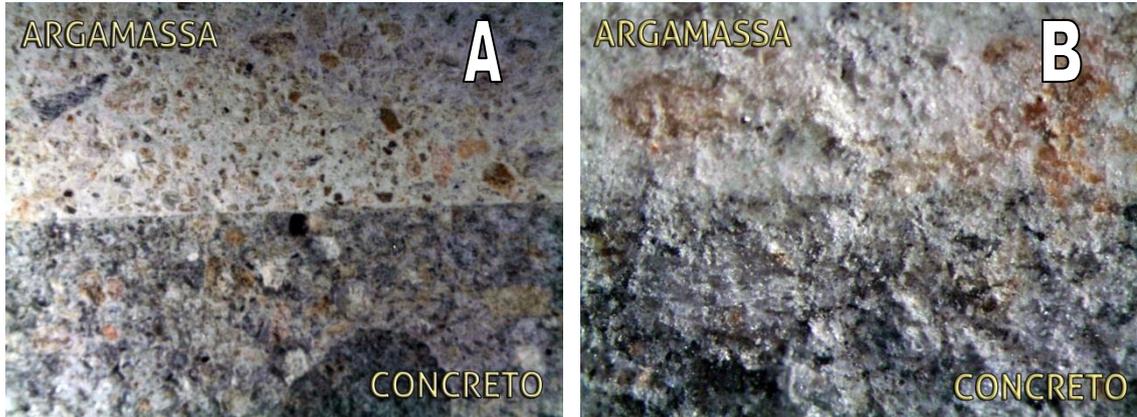
Tabela 1: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a rugosidade Lisa.

Resistência de aderência à tração aos 28 dias da argamassa			
Rugosidade Lisa			
			
Amostra	Tensão (Mpa)	Forma de ruptura %	
		Sub/Arg	Arg
13	1,63		100
14	1,28	100	
15	1,26		100
20	0,2	100	
21	0,98		100
24	1,95	20	80
Média	1,22		
Desv. Pad.	0,60		

Conforme pode ser observado, os valores de resistência de aderência à tração atribuídos à rugosidade Lisa foram elevados. Configurações mais elaboradas, como o Chapisco e a textura Líquen, tendem a apresentar maior interpenetração da argamassa, ou seja, pode assegurar um efeito de bloqueio mecânico mais eficiente e uma maior superfície de contato, porém, os altos valores apresentados pela rugosidade Lisa podem ter sido ocasionado devido à rugosidades manométricas que proporcionam adesão através de forças de atração, discutidos por Courard (1998).

Na análise de interface argamassa/substrato de concreto com microscópio estereoscópico, apresentada na figura 3, observa-se que a rugosidade Lisa uma perfeita extensão da aderência.

Figura 3: imagens feitas com o microscópio estereoscópico, sendo argamassa aplicada sobre o substrato com rugosidade Lisa. A imagem A está em verdadeira grandeza e a imagem B ampliação de 6.3X.



APÊNDICE 2

ANÁLISE DA INTERFACE SUBSTRATO/ARGAMASSA ATRAVÉS DA DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL A LASER

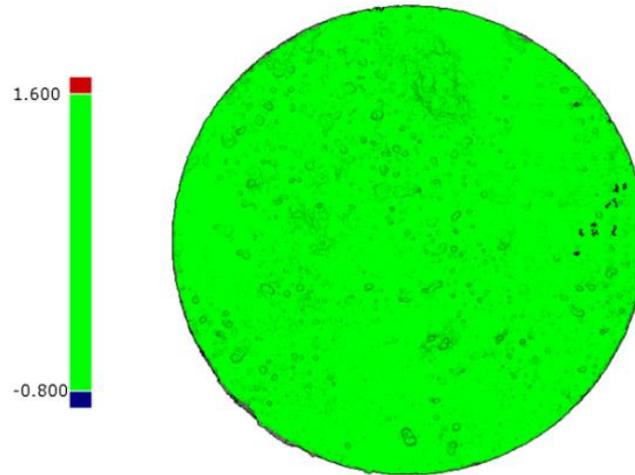
A digitalização tridimensional a laser foi realizada após o ensaio de arrancamento, onde foi separada a argamassa do substrato de concreto, possibilitando a observação da interface entre os dois materiais. Foram digitalizados tanto o fundo da placa de concreto que sofreu o rompimento, quanto a parte arrancada que se unia anteriormente à placa. Através da digitalização tridimensional das duas partes de cada amostra, acreditou-se ser possível a verificação dos valores de potencial área de contato entre a argamassa e o substrato.

Para a realização da análise foram selecionados um corpo-de-prova de cada rugosidade estudada, resultante do ensaio de resistência de aderência à tração, os quais apresentavam ruptura 100% na interface argamassa/substrato, visando minimizar erros na medição da área de contato devido a perda de partículas de argamassa em função da ruptura.

Com as duas partes dos corpos-de-prova digitalizados, foram geradas malhas passíveis de serem encaixadas, resultando em gráficos onde podem ser vistos os pontos e zonas de contato. Na figura 1 é apresentada a rugosidade Lisa; na figura 2 é apresentada a rugosidade Chapisco; e na figura 3 é apresentada a rugosidade Líquen. Foram determinados distanciamentos entre as duas partes encaixadas. O software Geomagic Qualify®, quando une as peças, sobrepõe as superfícies como se fossem a mesma, penetrando uma na outra. Segundo as características de impenetrabilidade da matéria, duas porções de matéria não podem ao mesmo tempo, ocupar o mesmo lugar no espaço (NEWTON, 1962 [1687], 2, p. 399 apud PATY, 2004), assim sendo, um distanciamento é necessário devido a espessura da malha.

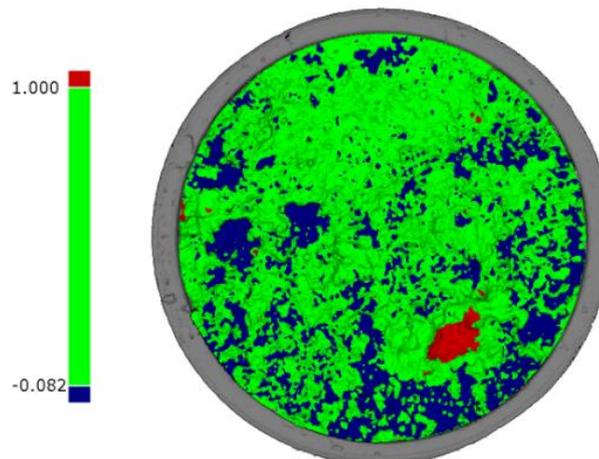
Em todos os gráficos, as zonas apresentadas na cor verde indicam a superfície de contato dentro de limites pré-estabelecidos. Na figura 1 (rugosidade Lisa), são apresentadas as zonas de contato dentro dos limites máximo e mínimo de 1,6 mm e -0,8 mm, respectivamente, valores encontrados pelo software para a indicação de protuberâncias e reentrâncias significativas. Dentro dessa margem, percebe-se que o software indica uma grande área potencial de contato, praticamente toda a superfície do corpo-de prova analisado.

Figura 1: superfícies de contato da rugosidade Lisa – distanciamento mínimo de -0,8 mm e máximo de 1,6 mm.



Na figura 2 (rugosidade Chapisco) também são apresentadas as zonas de contato, porém, os valores encontrados pelo software para a indicação de protuberâncias e reentrâncias significativas ficaram dentro dos limites máximo e mínimo de 1 mm e -0,082 mm, respectivamente. Diferente da rugosidade Lisa, a rugosidade Chapisco apresentou maior área com cavidades e uma pequena área com uma protuberância.

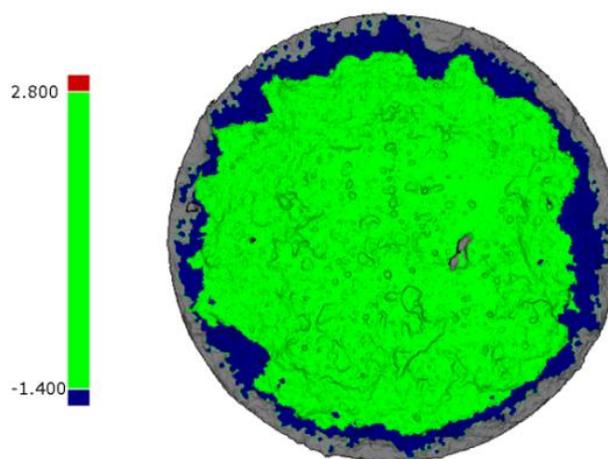
Figura 2: superfícies de contato da textura chapisco – distanciamento mínimo de -0,082 mm e máximo de 1 mm.



Já na figura 3, onde são apresentados os gráficos da rugosidade Líquen, percebe-se que houve o abaulamento da superfície extraída através dos ensaios de resistência de aderência à tração. Com isso, o encaixe de ambas as partes ficou comprometido pela pouca área de contato restante. Este abaulamento pode ter sido ocasionado pelo esfrelamento de parte do corpo-de-prova durante o ensaio,

perdendo-se uma parte significativa das possíveis zonas de contato. Assim sendo, durante o procedimento de encaixe das malhas, buscou-se encontrar a maior área em comum dos corpos-de-prova. Na figura 3, os pontos definidos pelo software como máximo e mínimo significantes são bastante distantes, definidos em 2,8 mm e -1,4 mm.

Figura 3: superfícies de contato da textura líquen – A – distanciamento mínimo de -1,400 mm e máximo de 2,800 mm.



Para todas as rugosidades apresentadas, as cavidades podem ser explicadas pela perda de material durante a execução dos ensaios de resistência de aderência à tração, devido ao arrancamento da argamassa do substrato, ou ainda, o surgimento de bolhas e falhas na superfície com a rugosidade, influenciando na extensão do contato da argamassa sobre a superfície do substrato. Já as protuberâncias podem indicar que esses picos foram as únicas áreas de contato remanescentes após o ensaio de resistência de aderência à tração, que esfarelou todo o restante dos corpos-de-prova, o que significaria que as áreas em verde não seriam uma zona de contato real. Na comparação das amostras do líquen, o valor de distanciamento encontrado pelo software para indicar as zonas de contato é bastante elevado, interferindo num possível real resultado. As áreas apontadas em vermelho ainda poderiam ser erro do algoritmo de montagem do software Geomagic Qualify®, já que as superfícies não poderiam se transpor.

Em função das variações dos resultados e diferentes conclusões que podem ser tomadas a partir das análises das figuras, percebe-se que a digitalização tridimensional das amostras arrancadas a partir dos ensaios de resistência de

aderência à tração não vem a trazer afirmativas quanto a potencial área de contato do substrato de concreto na argamassa.

ANEXO 1

15/06/12 10:12 15/06/12 10:12

Após queda de reboco, Vasco reforma outro setor da arquibancada

Lancepress

A queda de uma parte do reboco da arquibancada de São Januário serviu de alerta para o Vasco. Na manhã desta sexta-feira, funcionários do clube reformavam outra parte de reboco, em um setor mais central da arquibancada da Colina. Segundo os homens que trabalham no local, os reparos acontecem em função de rachaduras, que aumentam os riscos de uma nova queda.

Por ser um trabalho de rápida resolução, a parte reformada deve ser entregue até este sábado, já que a os homens trabalham no local desde quinta-feira. O reboco que cedeu, durante a partida contra o Náutico, pelo Campeonato Brasileiro, já está liberado, restando apenas os acabamentos finais, como a pintura do local.

O Vasco aproveita que o time não tem jogos como mandante no Brasileirão marcados nos próximos dias para realizar as reformas. A próxima partida em casa acontecerá somente no dia 23, frente ao Cruzeiro.

Nesta sexta, o LNET! apresenta o plano do Gigante da Colina em ampliar o Estádio de São Januário. A ideia da diretoria cruz-maltina é fechar o anel da arquibancada, aumentando a capacidade para 45 mil pessoas. Caso o projeto se concretize, a casa vascaína ficaria fechada por três anos.

Devido à queda de reboco, Biblioteca Nacional isola área junto à fachada

RIO - A Fundação Biblioteca Nacional informou, em nota, que isolou novo perímetro junto à fachada da Biblioteca Nacional, da Avenida Rio Branco, por causa da queda de pedaços de reboco na quinta-feira. Partes da fachada caíram na área dos jardins e na varanda do terceiro andar. A fundação afirma que foi aberto um processo para contratação de empresa que faça a instalação provisória de aparalixos, que são andaimes de proteção para aparar materiais em queda.

A fundação diz ainda que R\$ 70 milhões já estão destinados para a primeira etapa da recuperação do prédio, sendo que R\$ 30 milhões serão para o restauro das fachadas, instalação do mezanino, revitalização do saguão e de três pavimentos (2º, 3º e 4º), para obras de conservação dos sistemas elétrico, hidráulico e de ar condicionado.

URL: undefined

Plantão publicado em 26/10/12 - 17h59 | Atualizado em 26/10/12 - 18h32 | Impresso em 09/07/13 - 15h58

Zero Hora

Acidente 24/02/2012 | 10h50 Atualizada em 24/02/2012 | 11h38

Parte de reboco de prédio desaba sobre calçada no centro de Porto Alegre

Detritos caíram do primeiro piso do prédio onde funciona um hotel



Área foi isolada e foi feito um estreitamento de pista no meio da rua para possibilitar a passagem de pedestres

Foto: Ronaldo Bernardi / Agencia RBS

Parte do reboco de uma sacada desabou sobre o passeio público na Rua Voluntários da Pátria, centro histórico de Porto Alegre, na manhã desta sexta-feira. Informações preliminares davam conta de que uma marquise teria desabado, o que não se confirmou. Ninguém ficou ferido.



Foto: Ronaldo Bernardi, Agência RBS

Segundo o agente da Defesa Civil, Jorge Brito, a umidade pode ter sido uma das causas do desabamento. Os detritos caíram do primeiro piso do prédio onde funciona um hotel. Embaixo há uma loja de variedades.

A área foi isolada e foi feito um estreitamento de pista no meio da rua para possibilitar a passagem de pedestres. Um laudo de estabilidade

do prédio foi solicitado.



Foto: Ronaldo Bernardi, Agência RBS

LINKS NO TEXTO

<http://zerohora.clicrbs.com.br/rbs/image/13079737.jpg>

<http://zerohora.clicrbs.com.br/rbs/image/13079731.jpg>

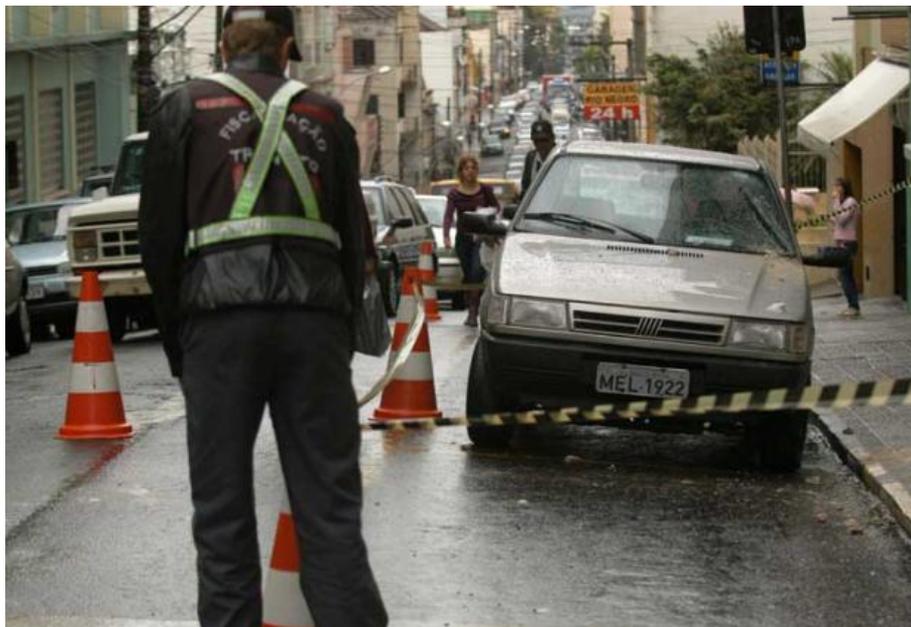
ZERO HORA

Zero Hora

14/10/2008 | 20h40

Reboco de prédio cai sobre carro em Santa Maria

Local foi isolado por agentes de trânsito e ninguém ficou ferido



Agentes de trânsito isolaram o local nesta terça-feira em Santa Maria
Foto: Charles Guerra

Parte do reboco do terceiro andar de um edifício na Rua Niederauer, em Santa Maria, soltou-se e caiu sobre um carro, nesta terça-feira, no centro da cidade. O veículo teve o pára-brisa quebrado. Devido ao risco de outras partes da parede caírem na calçada, o local foi isolado por agentes de trânsito. Ninguém ficou ferido. A administração do edifício disse que tomará providências para evitar novo incidente.

DIÁRIO DE SANTA MARIA