

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Camila Viviane Lopes**

**PLACAS CERÂMICAS TEXTURIZADAS:  
AVALIAÇÃO DE TRATAMENTOS DE MANCHAS  
SUPERFICIAIS POR ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**CAMILA VIVIANE LOPES**

**PLACAS CERÂMICAS TEXTURIZADAS:  
AVALIAÇÃO DE TRATAMENTOS DE MANCHAS  
SUPERFICIAIS POR ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Angela Borges Masuero**  
**Coorientador: Alfredo Kuhn Pfeifer**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**CAMILA VIVIANE LOPES**

**PLACAS CERÂMICAS TEXTURIZADAS: AVALIAÇÃO DE  
TRATAMENTOS DE MANCHAS SUPERFICIAIS POR  
ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO**

Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2012

Profa. Angela Borges Masuero  
Dra. pela UFRGS  
Orientadora

Alfredo Kuhn Pfeifer  
Eng. Civil pela UFRGS  
Coorientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Nei Ricardo Vaske**  
Dr. pela UFRGS

**Profa. Giselle Reis Antunes (FTEC)**  
MSc. pela UnB

**Alfredo Kuhn Pfeifer**  
Eng. pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Renato e Nair, e às  
minhas irmãs, Carina e Cassiane.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço acima de tudo a Deus que pela fé me fortaleceu nos momentos de dificuldade.

Agradeço à minha família que acompanhou e vivenciou todos os momentos (bons ou ruins) da graduação. Obrigada pai e mãe pelo apoio e incentivo! Às minhas manas, obrigada pela compreensão e pelo companheirismo, em especial à Carina, com quem dividi as experiências de uma graduação, inclusive o TCC.

Agradeço ao meu amor Francisco pelo conforto, incentivo e ajuda nas horas de desespero. Da mesma forma, agradeço as famílias Moura, Bastos e Moreira que me acolheram de braços abertos nos períodos cruciais da conclusão dessa graduação.

Agradeço à Profa. Angela, não só pela orientação desse trabalho, mas também pelos inúmeros ensinamentos, por fazer despertar em mim o espírito e olhar críticos sobre a atuação profissional, pelos conselhos e pela amizade.

Agradeço ao Eng. Alfredo que apoiou a ideia desse trabalho e transferiu parte de sua vasta experiência.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial ao Márlon Longhi, à Cristina Vitorino, ao Mauro Mário e ao Anderson Müller pelo apoio, pela troca de informações e pelo companheirismo.

Agradeço ao “seu” Gilmar e ao Airton que sempre foram atenciosos e solícitos com essa pesquisa no laboratório do NORIE.

Agradeço ao meu supervisor de estágio Eng. Fabiano e mestre Luiz Duarte que sempre apostaram nesse trabalho. E à Goldsztein Cyrela que, através do Eng. Gustavo Navarro, cedeu material para essa pesquisa.

Precisamos entretanto, dar sentido humano às nossas construções. E quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu.

*Érico Veríssimo*

## RESUMO

O uso de revestimentos cerâmicos em fachadas está, normalmente, associado à estética e ao aspecto de limpeza prolongada. Isso porque as placas cerâmicas para revestimento apresentam elevada estanqueidade, característica que aumenta o período entre manutenções do sistema. No entanto, em alguns casos, o contato entre placas cerâmicas de elevada textura com a argamassa de rejuntamento ocasionam manchamentos durante a execução do sistema de revestimento cerâmico, ou seja, configura-se uma incompatibilidade entre materiais, que pode ser solucionada com o uso de tratamentos superficiais, em geral, de caráter não permanente. Os tratamentos disponíveis para solucionar tal problema podem ser de proteção ou de correção. Dessa forma, este trabalho apresenta e testa tais tratamentos, com o objetivo de evitarem o manchamento permanente da placa cerâmica, do ponto de vista de alteração da propriedade cromática. Para tanto, foram ensaiados diferentes tipos de tratamentos de proteção (cera, verniz e hidrofugante) e tratamentos corretivos à base de produtos ácidos (fosfórico e clorídrico). Além disso, o tempo de limpeza também variou em dois níveis (15 min e 40 min). Todos os tratamentos apresentaram alteração cromática, sendo que a menor variação total (diferença entre o final do processo e a placa no estado original), com percepção muito pequena, é alcançada para os dois produtos à base de ácido, seguido da aplicação de cera. O tratamento que apresentou o pior desempenho, do ponto de vista de alteração de cor, foi o hidrofugante. O verniz apresenta bons resultados quanto à alteração de cor devido somente ao manchamento por argamassa de rejuntamento, já que modifica as características da superfície e, por consequência, altera a cor da placa cerâmica. A cera apresenta pequena variação cromática total para o tempo de limpeza de 15 min, porém a aplicação em excesso causa manchamento na superfície da placa cerâmica devido ao produto.

Palavras-chave: Placas cerâmicas. Textura. Argamassa de rejuntamento. Tratamentos superficiais. Proteção. Limpeza.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa .....	19
Figura 2 – Sistema de revestimento cerâmico .....	20
Figura 3 – Porosidade dos materiais .....	24
Figura 4 – Sujidades em poros capilares .....	24
Figura 5 – Texturas de uma superfície .....	26
Figura 6 – Espectro visível .....	34
Figura 7 – Incidência de luz sobre diferentes acabamentos superficiais .....	35
Figura 8 – Espaço colorimétrico CIEL*a*b* .....	40
Figura 9 – Comparação entre sistema de medição por espectrofotômetro e por colorímetro .....	44
Figura 10 – Tratamentos superficiais de proteção .....	46
Figura 11 – Programa experimental .....	56
Figura 12 – Imagem digitalizada da placa cerâmica .....	59
Figura 13 – Comparação da imagem digitalizada com plano liso .....	59
Figura 14 – Gráfico da absorção de água superficial ao longo do tempo .....	61
Figura 15 – Cor da placa cerâmica .....	61
Figura 16 – Curva de refletância espectral da superfície da placa cerâmica .....	62
Figura 17 – Fluxograma das etapas de trabalho .....	68
Figura 18 – Gabarito para medição de cor .....	69
Figura 19 – Ensaio com espectrofotômetro .....	69
Figura 20 – Aspecto da aplicação de cera com pano e sem polimento .....	70
Figura 21 – Manchamento da superfície da placa cerâmica .....	72
Figura 22 – Limpeza da superfície da placa cerâmica .....	72
Figura 23 – Placas em contato com lâmina de água .....	73
Figura 24 – Medição da massa das placas .....	73
Figura 25 – <i>Scanner</i> tridimensional a laser .....	74
Figura 26 – Análise de variância para o fator tempo de limpeza .....	81
Figura 27 – Análise de variância para o fator tratamento superficial relacionada à variação cromática total .....	82
Figura 28 – Análise de variância para o fator tratamento superficial relacionada à variação cromática devido aos tratamentos protetores .....	84
Figura 29 – Interação entre fatores .....	86
Figura 30 – Placas tratadas com hidrofugante: (a) antes do rejuntamento; (b) após rejuntamento e limpeza .....	87



Figura 31 – Análise de variância para o fator tratamento superficial após lavagem das placas cerâmicas com tratadas com produtos protetores .....	89
Figura 32 – Comparação múltipla de médias entre os tratamentos superficiais para o tempo de limpeza de 15 min .....	91
Figura 33 – Comparação múltipla de médias entre os tratamentos superficiais para o tempo de limpeza de 40 min .....	92
Figura 34 – Comparação múltipla de médias entre os tempos de limpeza para o ácido fosfórico .....	92
Figura 35 – Comparação múltipla de médias entre os tempos de limpeza para o ácido clorídrico .....	93
Figura 36 – Absorção superficial x variação cromática para limpeza aos 15 min .....	94
Figura 37 – Absorção superficial x variação cromática para limpeza aos 40 min .....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Observadores-padrão CIE .....	37
Quadro 2 – Comparação entre hidrorrepelentes e impermeabilizantes .....	47
Quadro 3 – Características de produtos hidrófugos .....	48
Quadro 4 – Fatores que influenciam a programação da atividade de limpeza .....	51
Quadro 5 – Nomenclatura das unidades de teste .....	57
Quadro 6 – Características da placa cerâmica .....	58
Quadro 7 – Características da argamassa de rejuntamento .....	63
Quadro 8 – Características do hidrofugante .....	64
Quadro 9 – Características da cera .....	65
Quadro 10 – Características do verniz .....	65
Quadro 11 – Características do produto à base de ácido fosfórico .....	66
Quadro 12 – Características do produto à base de ácido clorídrico .....	67
Quadro 13 – Aspecto das superfícies das placas cerâmicas tratadas .....	71
Quadro 14 – Aspecto das superfícies das placas cerâmicas ao final dos procedimentos .	72
Quadro 15 – Percepção da $\Delta E^*$ total para o tempo de limpeza de 15 min .....	82
Quadro 16 – Percepção da $\Delta E^*$ total para o tempo de limpeza de 40 min .....	83
Quadro 17 – Percepção da $\Delta E^*$ devido à aplicação dos tratamentos protetores .....	85
Quadro 18 – Percepção da $\Delta E^*$ entre aplicação de tratamentos e após a limpeza aos 15 min .....	87
Quadro 19 – Percepção da $\Delta E^*$ entre aplicação de tratamentos e após a limpeza aos 40 min .....	87
Quadro 20 – Percepção da $\Delta E^*$ total após lavagem das placas cerâmicas para o tempo de limpeza de 15 min .....	89
Quadro 21 – Percepção da $\Delta E^*$ total após lavagem das placas cerâmicas para o tempo de limpeza de 40 min .....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de variação de cor aceitáveis na prática .....	42
Tabela 2 – Percepção de diferença de cor utilizada na indústria de tintas .....	42
Tabela 3 – Valores de rugosidade média (Ra) calculada por diferentes metodologias ....	59
Tabela 4 – Absorção de água superficial da placa cerâmica .....	60
Tabela 5 – Parâmetros colorimétricos da superfície da placa cerâmica .....	62
Tabela 6 – Variação cromática total das placas entre cerâmicas .....	76
Tabela 7 – Variação cromática das placas devido aos tratamentos protetores .....	77
Tabela 8 – Variação cromática das placas entre a aplicação dos tratamentos e após a limpeza .....	78
Tabela 9 – Variação cromática das placas após lavagem .....	79
Tabela 10 – Resultados da análise de variância para variação cromática total .....	80
Tabela 11 – Parâmetros cromáticos antes e após a aplicação dos tratamentos protetores	85
Tabela 12 – Resultados da análise de variância para variação cromática entre aplicação do tratamento e final do processo .....	86
Tabela 13 – Resultados da análise de variância para variação cromática total após lavagem das placas .....	88
Tabela 14 – Custo/m <sup>2</sup> dos produtos utilizados na pesquisa .....	95

## **LISTA DE SIGLAS**

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

GL – *glazed*

UGL – *unglazed*

CIE – *International Commission L'eclairage*

FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos

LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Delta E^*$  – variação de cor (adimensional)

$\lambda$  – comprimento de onda

$\Delta\lambda$  – intervalo entre comprimento de onda

E – energia luminosa

x, y, z – coordenadas cromáticas

X, Y, Z – valores tricromáticos

$L^*$  – eixo cromático que varia de branco a preto (luminosidade)

$a^*$  – eixo cromático que varia de verde a vermelho

$b^*$  – eixo cromático que varia de azul a amarelo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	17
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	17
2.2.1 Objetivo principal .....	17
2.2.2 Objetivos secundários .....	17
2.3 PRESSUPOSTO .....	17
2.4 DELIMITAÇÕES .....	17
2.5 LIMITAÇÕES .....	17
2.6 HIPÓTESE .....	18
2.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	18
<b>3 SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO</b> .....	20
3.1 PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO .....	21
3.1.1 Porosidade .....	23
3.1.2 Rugosidade .....	25
3.1.3 Absorção de água .....	27
3.1.4 Resistência ao manchamento .....	27
3.2 ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO .....	30
<b>4 FUNDAMENTOS DE COLORIMETRIA</b> .....	33
4.1 PERCEPÇÃO DE COR.....	33
4.1.1 Fonte luminosa.....	34
4.1.2 Objeto .....	34
4.1.3 Observador .....	36
4.2 MEDIÇÃO DE COR .....	37
4.2.1 Sistema CIE .....	38
4.2.2 Equipamentos colorimétricos .....	42
<b>5 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS</b> .....	45
5.1 TRATAMENTOS PROTETORES .....	45
5.1.1 Hidrofugantes .....	47
5.1.2 Vernizes .....	49
5.1.3 Ceras .....	49
5.2 TRATAMENTOS CORRETIVOS .....	50
5.2.1 Limpeza com água .....	51

<b>5.2.2 Limpeza abrasiva</b> .....	52
<b>5.2.3 Limpeza química</b> .....	53
5.2.3.1 Sabões e detergentes .....	53
5.2.3.2 Solventes orgânicos .....	53
5.2.3.3 Ácidos .....	54
5.2.3.3 Bases .....	55
<b>6 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	56
6.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL .....	56
6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	58
<b>6.2.1 Placa cerâmica</b> .....	58
<b>6.2.2 Argamassa de rejuntamento</b> .....	62
<b>6.2.3 Hidrofugante</b> .....	63
<b>6.2.4 Cera</b> .....	63
<b>6.2.5 Verniz</b> .....	64
<b>6.2.6 Produto desincrustante à base de ácido fosfórico</b> .....	65
<b>6.2.7 Produto desincrustante à base de ácido clorídrico</b> .....	65
6.3 ENSAIOS .....	66
<b>6.3.1 Medição de cor</b> .....	67
6.3.1.1 Procedimentos de aplicação dos tratamentos superficiais .....	68
6.3.1.2 Procedimentos de manchamento e limpeza da superfície das placas cerâmicas ..	70
<b>6.3.2 Absorção de água superficial</b> .....	71
<b>6.3.3 Textura superficial</b> .....	72
<b>7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	75
7.1 TRATAMENTO DOS DADOS .....	75
7.2 VARIAÇÃO COLORIMÉTRICA .....	75
<b>7.2.1 Análise de variância (ANOVA)</b> .....	80
<b>7.2.2 Comparação múltipla de médias</b> .....	89
7.3 INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO SUPERFICIAL DA PLACA CERÂMICA NA VARIAÇÃO CROMÁTICA .....	92
7.4 ANÁLISE ECONÔMICA DOS PRODUTOS .....	93
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	94
REFERÊNCIAS .....	96
APÊNDICE A .....	100
ANEXO A .....	111





## 1 INTRODUÇÃO

Revestimentos cerâmicos são aplicados em fachadas, dentre outras vantagens, como uma alternativa de revestimento de baixa manutenção, principalmente em ambientes agressivos, como marinhos, industriais e zonas de elevada umidade. Para que o sistema de revestimento seja corretamente executado e apresente o desempenho esperado durante sua vida útil, o conhecimento prévio das características técnicas dos componentes do sistema torna-se imprescindível. Na Construção Civil, a entrega de um produto fora dos padrões de desempenho estético, que também é uma das funções de um sistema de revestimento, constitui-se em um problema que não gera sua inutilização, mas caracteriza-se como um defeito.

Com o aumento do investimento tecnológico na indústria cerâmica nas últimas décadas, crescem as possibilidades de especificações de placas para revestimentos nos projetos executivos, já que os avanços na área oferecem um leque de cores, tamanhos e texturas. Como cabe à Engenharia Civil executar os projetos de acordo com a imagem vendida, nota-se a necessidade, em alguns casos específicos, do acréscimo de uma etapa ao processo produtivo de execução dos sistemas.

Uma dessas situações é a possibilidade de manchamento gerada pela incompatibilidade entre argamassa de rejuntamento e a superfície do revestimento. Essa ocorrência depende das características e propriedades dos materiais envolvidos no processo, como, por exemplo, textura e cor da placa cerâmica, bem como cor e propriedades químicas da argamassa de rejuntamento. Para que o fenômeno não ocorra, alguns fabricantes recomendam a aplicação de produtos protetores com a finalidade de formar uma película sobre placas cerâmicas rústicas antes do rejuntamento. Também existem no mercado produtos desincrustantes, com o intuito de retirar incrustações e manchas superficiais pós-rejuntamento.

A partir dessa problemática, este trabalho apresentará uma avaliação de diferentes tratamentos superficiais em placas cerâmicas de elevada rugosidade como forma de evitar as manchas decorrentes da execução de juntas de assentamento.

No próximo capítulo, são apresentadas as diretrizes dessa pesquisa. O capítulo 3 resume-se a uma revisão bibliográfica do sistema de revestimento cerâmico em fachadas e seus componentes, com ênfase às características das placas cerâmicas para revestimento e argamassa de rejuntamento. Nos capítulos 4 e 5 são apresentados os fundamentos de colorimetria e as possibilidades de tratamentos para evitar o problema descrito anteriormente, respectivamente, que embasam os materiais usados e as metodologias empregadas nesse trabalho. No capítulo 6 são apresentados os materiais e métodos utilizados e no capítulo 7 os resultados são apresentados e analisados. Por fim, no capítulo 8 são realizadas as considerações finais e propostas de futuros trabalhos.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa é: entre as opções estudadas, qual o tratamento superficial que melhor satisfaz a condição de inalterabilidade cromática de placas cerâmicas texturizadas após execução do revestimento cerâmico devido ao manchamento por argamassa de rejuntamento?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a avaliação do desempenho de tratamentos superficiais protetores e corretivos em placas cerâmicas texturizadas, quanto à capacidade de evitar o manchamento decorrente da aplicação de argamassa de rejuntamento.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) avaliação da influência da absorção da placa cerâmica no processo de manchamento por argamassa de rejuntamento;
- b) análise do custo dos produtos que geram os tratamentos superficiais;
- c) avaliação da variação cromática das placas cerâmicas em função dos tratamentos protetores.

## 2.3 PRESSUPOSTOS

O trabalho tem por pressuposto que a medição da variação de cor através de espectrofotômetro é válida em placas cerâmicas texturizadas.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a avaliar o processo de rejuntamento de placas cerâmicas texturizadas.

## 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) cinco tratamentos superficiais (hidrofugante, cera, verniz e dois produtos desincrustantes), sendo cada produto de um fabricante;
- b) placas cerâmicas de um fabricante, comercialmente denominada linha rústica;
- c) um tipo de argamassa de rejuntamento e de um fabricante.

## 2.6 HIPÓTESE

A hipótese do trabalho é que, entre as opções estudadas, a aplicação de hidrofugante é o tratamento superficial que melhor satisfaz a condição de inalterabilidade cromática de placas cerâmicas texturizadas após execução do revestimento cerâmico.

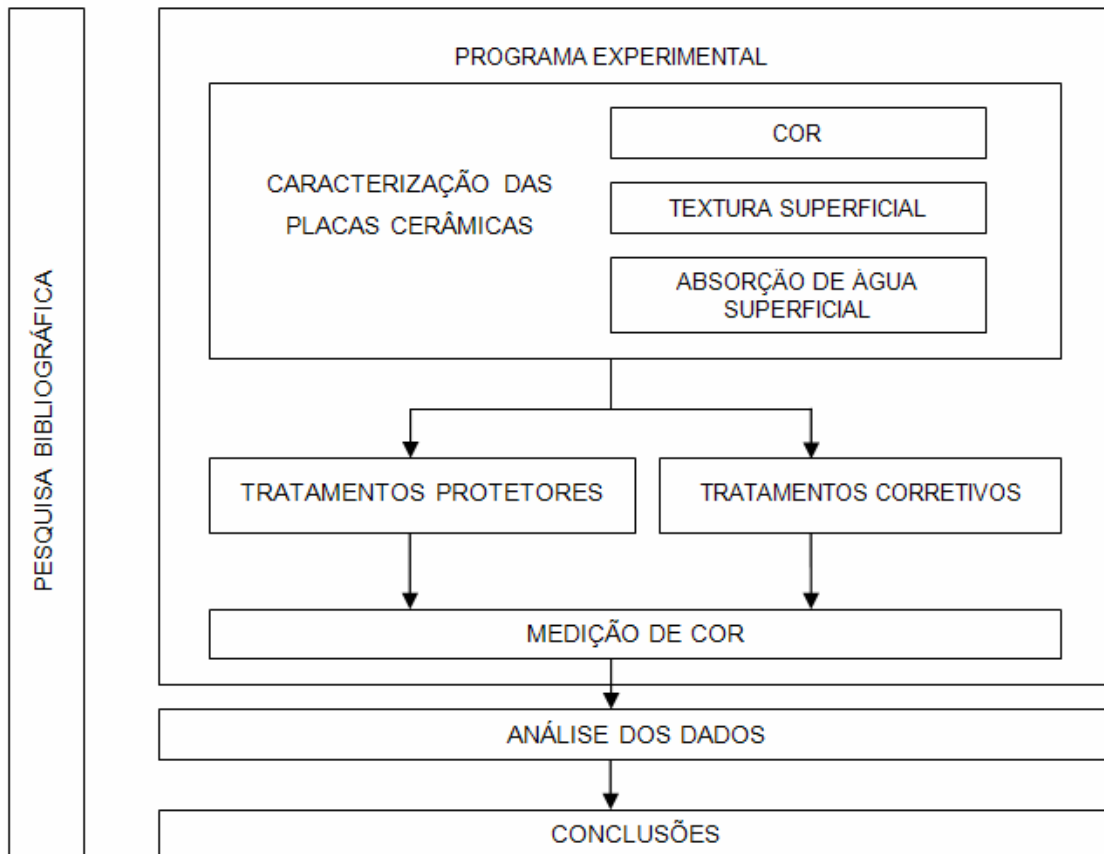
## 2.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O trabalho foi dividido em pesquisa bibliográfica e programa experimental, o qual foi subdividido nas seguintes etapas:

- a) caracterização das placas cerâmicas;
- b) ensaios vinculados ao tratamento de proteção;
- c) ensaios vinculados ao tratamento de limpeza;
- d) análise dos dados;
- e) conclusões.

Uma representação esquemática do delineamento da pesquisa é apresentada na figura 1.

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

A pesquisa bibliográfica tem por objetivo embasar teoricamente as decisões realizadas e as análises e considerações finais, portanto, essa etapa perdurou durante toda a realização deste trabalho. A revisão tratou das características de placas cerâmicas e de argamassas de rejuntamento que influenciam e/ou intervêm no mecanismo e na percepção do fenômeno de manchamento, dos fundamentos de colorimetria e dos tratamentos superficiais que foram analisados.

O programa experimental parte da caracterização das placas cerâmicas de revestimento quanto à absorção de água capilar, rugosidade superficial e cor, seguindo com análise cromática para cada tipo de tratamento superficial. Ao fim, os dados foram analisados gerando as considerações finais. Tanto a metodologia de obtenção dos dados quanto a descrição dos materiais utilizados são apresentadas no capítulo 6 deste trabalho.

### 3 SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

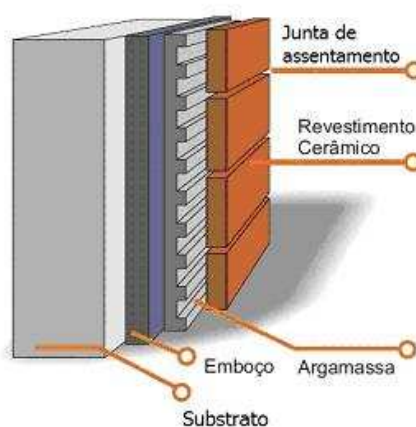
A NBR 13816 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997a, p. 1) define revestimento cerâmico como o “[...] conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte.”. Com o objetivo de englobar o conceito de sistema, a NBR 13755 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 2) trata o revestimento externo como o “[...] conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final [...]”.

Dessa forma, Junginger (2003, p. 10) comenta que o sistema é composto, além do substrato, pelas seguintes camadas (figura 2):

- a) regularização (emboço);
- b) fixação (argamassa de assentamento);
- c) acabamento (placas cerâmicas e juntas de assentamento).

Sendo que a camada de acabamento constitui-se das juntas já preenchidas com argamassa de rejuntamento (JUNGINGER, 2003, p. 13).

Figura 2 – Sistema de revestimento cerâmico



(fonte: PAMESA DO BRASIL, [2009])

A interação dos componentes do sistema deve atender às funções de um sistema de revestimento. No caso de um revestimento externo, segundo a NBR 13755, o sistema deve exercer as seguintes funções: “[...] proteger a edificação da ação de chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, **bem como dar acabamento estético.**” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p. 2, grifo nosso).

Os atrativos e vantagens do uso do revestimento cerâmico dizem respeito à limpabilidade das placas cerâmicas já que, quando bem especificado, simplifica a manutenção (GASTALDINI; SICHIERI, 2010, p. 593). Aliada à vantagem operacional, “Os revestimentos [...] acabados com placas cerâmicas possuem privilegiada durabilidade devido à resistência contra a ação dos agentes agressivos ambientais [...]” (RIBEIRO, 2006, p. 12). Dessa forma, “Os revestimentos cerâmicos apresentam, como grande vantagem, elevada resistência superficial e manutenção de suas cores mesmo sob condições adversas [...]” (trabalho não publicado)<sup>1</sup>.

Como o foco deste trabalho é em placas cerâmicas para revestimento e argamassas de rejuntamento, esses são os únicos componentes do sistema de revestimento cerâmico que são abordados com maiores detalhes dentro desse capítulo.

### 3.1 PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO

Segundo a NBR 13816 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997a, p. 2), placa cerâmica para revestimento é definida como:

[...] material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, sendo conformadas por extrusão (representada pela letra A) ou por prensagem (representada pela letra B), podendo também ser conformadas por outros processos (representados pela letra C). As placas são então secadas e queimadas à temperatura de sinterização. Podem ser esmaltadas ou não esmaltadas, em correspondência aos símbolos GL (*glazed*) ou UGL (*unglazed*), conforme ISO 13006 [(INTERNATIONAL ORGANIZATION

---

<sup>1</sup> Informação obtida em apostila de disciplina do programa do SENAI de capacitação do meio técnico/profissional ministrada pelos professores Mércia Maria Semensato Bottura de Barros e Fernando Henrique Sabbatini baseada no Relatório Técnico R6-06/90 – Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria (não publicado), decorrente da parceria entre o grupo de Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios da EPUSP e construtora ENCOL.

FOR STANDARDIZATION, 1998)]<sup>2</sup>. As placas são incombustíveis e não são afetadas pela luz.

O conjunto de placas cerâmicas de revestimento, por ocuparem a maior área da camada mais externa do sistema de revestimento, define o acabamento superficial. Portanto, o reconhecimento das características de uma placa cerâmica é relevante tanto para sua correta instalação, quanto para sua função estética. Campante e Baía (2008, p. 25) citam o tipo de moldagem (extrudada ou prensada) e o acabamento superficial (esmaltadas ou não esmaltadas, sendo que a esmaltação diz respeito a uma camada vitrificada conferida através do processo de queima) como formas de classificação das placas cerâmicas. Além dessas, as placas cerâmicas ainda podem ser classificadas segundo:

- a) **textura**: podem ser lisas ou rugosas. As vantagens das placas lisas são: limpabilidade, ao permitirem o escoamento da água da chuva em fluxos que carregam os resíduos superficiais (ajudam a prevenir o manchamento por poluição atmosférica) e possuem melhor comportamento térmico, por refletirem os raios solares. As placas rugosas possuem a vantagem de proporcionar a distribuição da chuva em fluxos sobre a fachada;
- b) **cor**: as placas cerâmicas podem ser claras (também conhecidas como frias) ou escuras (quentes). Quanto mais escura, maior a absorção de calor e, por isso, são peças que atingem maiores amplitudes térmicas. Dessa forma, mudanças bruscas de temperatura ocasionando choques térmicos aumentam as tensões induzidas no revestimento.

No processo de conformação por prensagem o material é prensado de maneira que a forma e dimensões são definitivas após uma única etapa, ou seja, a peça já tem largura, comprimento e espessura, sendo que “Nesse processo, é possível obter-se efeitos de relevo para fins decorativos (imitação de pedras ornamentais desgastadas) ou construtivos (ranhuras antiderrapantes para degraus de escadas ou borda de piscinas)”. No processo por extrusão, a massa é obrigada a passar por uma extrusora e os filetes originados desse processo são cortados, na etapa seguinte, nos padrões de venda (GASTALDINI; SICHIERI, 2010, p. 596).

Com relação às características técnicas das placas cerâmicas para revestimento, a NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997b, p. 6) apresenta as principais características físicas e químicas e padroniza ensaios de caracterização nos seguintes quesitos:

---

<sup>2</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13006**: ceramic tiles – definitions, classification, characteristics and marking. Geneva, 1998.



- a) absorção de água;
- b) carga de ruptura e módulo de resistência à flexão;
- c) resistência à abrasão superficial, para placas cerâmicas esmaltadas utilizadas em pavimentos;
- d) resistência à abrasão profunda, para placas cerâmicas não esmaltadas utilizadas em pavimentos;
- e) resistência ao gretamento, para placas cerâmicas esmaltadas;
- f) coeficiente de atrito para pavimentos;
- g) expansão por umidade;
- h) resistência ao impacto;
- i) resistência a manchas;
- j) resistência aos agentes químicos.

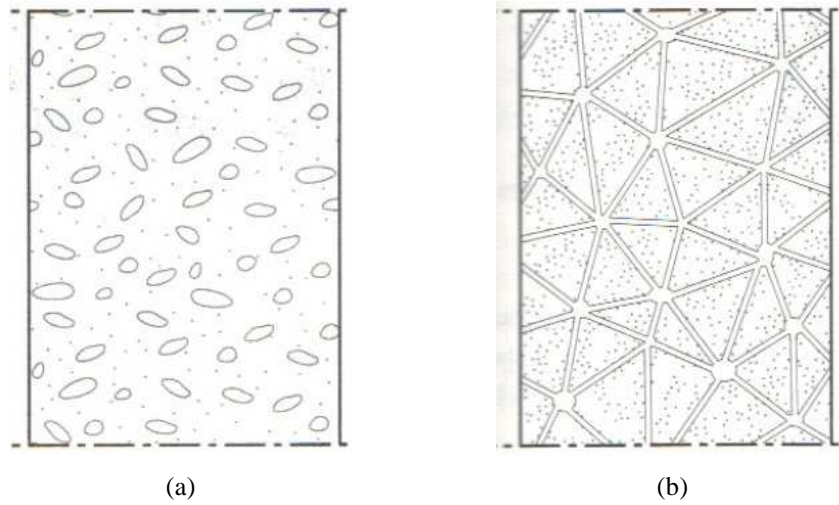
Tais características são consideradas técnicas por serem essenciais à especificação dos materiais em um projeto. Portanto, para a maioria dessas características, a Norma apresenta, também, classes e valores julgados adequados para determinadas utilizações.

De acordo com Resende (2004, p. 41), a rugosidade, a porosidade e a capacidade de absorção de um revestimento são as características físico-químicas que colaboram para a retenção de sujidades. Dessa forma, a seguir serão abordadas tais propriedades físicas e químicas das placas cerâmicas para revestimento, julgadas necessárias para o entendimento da problemática abordada nesse trabalho.

### **3.1.1 Porosidade**

A porosidade “É a relação entre o volume de poros e volume total aparente do material.” (PETRUCCI, E. G. R., 1993, p. 14). A estrutura de um material pode possuir porosidade aberta ou fechada, sendo que a porosidade fechada (figura 3a), segundo Arantes et al. (2001, p. 19), compõe os poros isolados no interior do corpo. Já os materiais de porosidade aberta, segundo Freitas et al. (2008, p. 27), “[...] conduzem a água por capilaridade que é tanto maior quanto menor for o diâmetro dos poros.” (figura 3b).

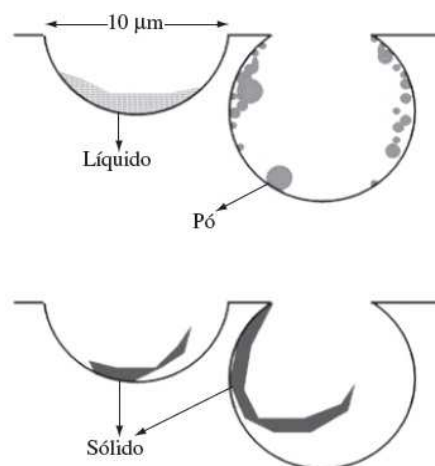
Figura 3 – Porosidade dos materiais: (a) fechada; (b) aberta



(fonte: FREITAS et al., 2008, p. 27)

De acordo com Melo (2010, p. 78), a presença de sujidades em superfícies é devido à penetração de partículas nos poros e capilares (figura 4). Dondi et al. (2008, p. 39) comentam que a impregnação definitiva de sujidades no interior dos poros superficiais depende das características do sólido ou do líquido que penetram nessas cavidades. Abitante (2004, p. 71) relaciona porosidade e cor ao comentar que “[...] placas de tonalidades claras tendem a denotar mais facilmente a sujeira retida na porosidade aberta.”.

Figura 4 – Sujidades em poros capilares



(fonte: DONDI et al., 2008, p. 40)

### 3.1.2 Rugosidade

Segundo Abitante (2004, p. 95), “A rugosidade superficial constitui, juntamente com a ondulação e forma, as irregularidades que caracterizam a textura de uma superfície.”. Sendo que essas irregularidades dividem-se nos seguintes níveis (IBÁÑEZ<sup>3</sup>, 1998 apud ABITANTE, 2004, p. 96):

- a) a rugosidade apresenta magnitude de frações de milímetros até abaixo do micrômetro;
- b) as ondulações compreendem centenas de micrômetros até vários milímetros;
- c) os desvios da forma original, denominam-se as irregularidades maiores.

Segundo Parra et al. (2006, p. 15):

No caso de revestimentos cerâmicos, a rugosidade superficial afeta diretamente as seguintes propriedades de interesse do produto acabado:

- a) as propriedades óticas;
- b) a durabilidade química;
- c) a resistência ao desgaste por abrasão;
- d) a facilidade de limpeza e retenção de sujeira;
- e) a resistência ao escorregamento.

Carrié et al.<sup>4</sup> (1975 apud PETRUCCI, H. M. C, 2000, p. 37), discutem a existência de três possíveis estados de uma superfície (figura 5). São eles:

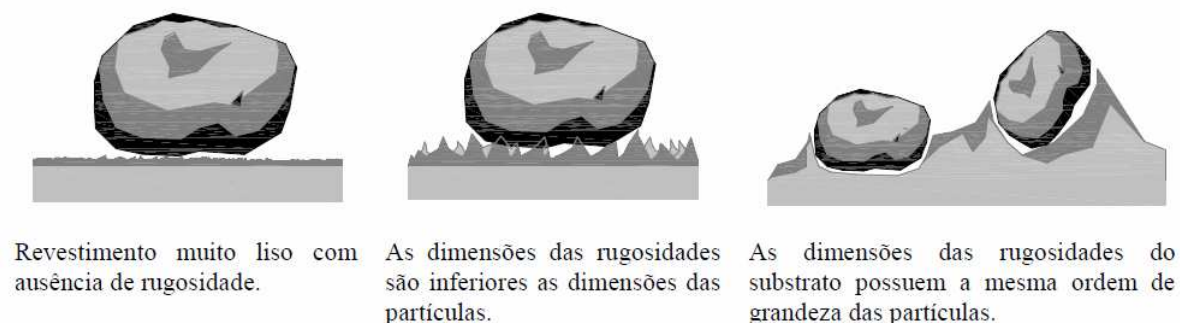
- a) **textura muito lisa** em que a superfície de contato e a aderência são ditas normais;
- b) **textura ligeiramente rugosa**, na qual as asperezas são inferiores às dimensões das partículas e em que a superfície de contato e, por conseguinte, as aderências são mínimas;
- c) **textura na qual as asperezas do suporte são da ordem de grandeza da partícula**, em que a superfície de contato e a adesão são importantes.

---

<sup>3</sup> IBÁÑEZ, M. J. G. **Estudio de las propiedades mecánicas y superficiales de recubrimientos vidriados de piezas cerámicas**: puesta a punto de nuevas técnicas de medida. 1998. 243 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales, Departamento de Ingeniería Química, Universitat Jaume I de Castellón, Castellón de la Plana, ES, 1998.

<sup>4</sup> CARRIÉ, C.; MOREL, D.; FOURQUIN, J. **Salissures de façades**. Paris: Eyrolles, 1975.

Figura 5 – Texturas de uma superfície



(fonte: CARRIÉ et al.<sup>5</sup>, 1975 apud MELO, 2010, p. 79)

Segundo Parra et al. (2006, p. 15), o acréscimo de rugosidade superficial é o mecanismo mais utilizado para aumento de resistência ao escorregamento de placas cerâmicas, já que placas muito lisas possuem reduzido coeficiente de atrito superficial. Além disso, para uso em fachadas, Vallejo (1990, p. 49) comenta que a presença de rugosidade na superfície do material empregado impõe fluxos de escoamento de água da chuva, que são criados sobre trajetórias preferenciais.

No entanto, Parra et al. (2006, p. 15) comentam o maior problema relacionado à presença de rugosidade em placas cerâmicas:

[...] as depressões atuam como centros de retenção de sujeira na superfície do revestimento cerâmico. Deste modo, superfícies de elevada rugosidade tendem a apresentar maior dificuldade à remoção de manchas, em virtude do acúmulo de partículas nas depressões presentes na superfície.

A rugosidade de uma superfície pode ser medida através de um aparelho denominado rugosímetro ou através da dispersão da luz (ABITANTE, 2004, p. 96). Dondi et al. (2008, p. 39) apresentam valores rotineiros de rugosidade média em placas cerâmicas de revestimento, que variam em torno de 0,1  $\mu\text{m}$ , para superfícies lisas, a 2  $\mu\text{m}$  (ou mais) em superfícies texturizadas.

Uma técnica mais precisa de obter a textura de uma superfície é através da digitalização a laser, que é capaz de detalhar superfícies inteiras (SILVA, 2006).

<sup>5</sup> CARRIÉ, C.; MOREL, D.; FOURQUIN, J. **Salissures de façades**. Paris: Eyrolles, 1975.

### 3.1.3 Absorção de água

Na maioria dos casos, a absorção de água está envolvida em todos os tipos de mecanismos de degradação dos materiais minerais de construção, que pode ser física, química ou de natureza biológica, ou, ainda, a combinação desses tipos (KUS, 2002, p. 16). Isso justifica o elevado número de trabalhos que estudam e procuram alternativas para controlar essa propriedade.

Segundo Campante e Baía (2008, p. 26), a absorção de água “[...] está diretamente ligada à porosidade da placa cerâmica, que depende do processo de produção (via seca ou úmida) e de outros fatores, como o grau de compactação da massa, a temperatura e o tempo de queima.”. Gastaldini e Sichieri (2010, p. 599) também afirmam que essa característica “[...] é dependente da porosidade da placa cerâmica e relaciona-se com a sua resistência ao impacto e com o módulo de resistência à flexão [...]”.

Segundo Palmonari e Timellini (1989, p. 35, tradução nossa),

A absorção de água representa a quantidade de água que a placa cerâmica pode absorver sob condições experimentais particulares, expressada como um percentual do peso da placa seca. Desde que existam caminhos para atravessar os poros do material que estão em comunicação com a superfície externa, a absorção de água serve para mensurar a quantidade de poros [...].

No mesmo trecho, os autores ainda comentam que a absorção de água “[...] demonstra uma imediata indicação da estrutura do material. Elevada absorção de água corresponde a uma estrutura porosa, enquanto estruturas compactas e vitrificadas possuem baixa absorção de água.”.

### 3.1.4 Resistência ao manchamento

A resistência ao manchamento pode ser medida pela facilidade de limpeza de placas cerâmicas para revestimento. De acordo com Palmorari e Timellini (1989, p. 49, tradução nossa), essa característica está associada à “[...] eficiência com que sujeira, manchas, pó e outros materiais que entram em contato com a superfície da placa podem ser removidos [...]”.

Segundo Dondi et al. (2008, p. 39):

Os principais fatores que afetam a susceptibilidade ao manchamento e a facilidade de limpeza de revestimentos cerâmicos são:

- a) tipo de substância manchante;
- b) aparência da superfície do revestimento;
- c) tratamento da superfície;
- d) microestrutura superficial.

A NBR 13817 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997c, p. 2), apresenta uma classificação de resistência ao manchamento ou de limpabilidade de placas cerâmicas para revestimento:

Esta classificação indica a facilidade de remoção das manchas como a seguir:

- a) classe 5: máxima facilidade de remoção de mancha;
- b) classe 4: mancha removível com produto de limpeza fraco;
- c) classe 3: mancha removível com produto de limpeza forte;
- d) classe 2: mancha removível com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e tricloroetileno;
- e) classe 1: impossibilidade de remoção da mancha.

De acordo com Gastaldini e Sichieri (2010, p. 604):

A facilidade de remoção de manchas é uma característica técnica muito importante quando se especifica placa cerâmica para aplicação, entre outros lugares, em cozinhas, restaurantes, lanchonetes, hospitais, garagens, ou seja, onde a higiene é fundamental [...]. Quanto mais lisa e menos porosa a superfície da placa cerâmica, mais fácil a sua limpeza.

As Normas que definem os procedimentos de determinação da resistência ao manchamento de placas cerâmicas para revestimento apontam alguns agentes agressivos a serem ensaiados, dentre eles: pigmento verde, óleo de oliva, solução de iodo em álcool, solução aquosa de azul de metileno, permanganato de potássio, tintas e *toner*. No entanto, é importante avaliar possíveis agentes manchantes, como por exemplo, café e mostarda, encontrados em ambientes em que a cerâmica é o material mais comumente especificado para revestimento (DONDI et al., 2008, p. 39).

A impregnação de sujidade em placas cerâmicas, segundo Abitante (2004, p. 71), “[...] pode estar relacionada tanto à porosidade quanto à textura superficial, seja esta original ou resultante do processo de desgaste.”. No entanto, além do mecanismo físico de impregnação,

Dondi et al. (2008, p. 39) relatam que o manchamento também depende das características químicas tanto do agente manchante quanto da superfície do revestimento.

Com relação ao mecanismo de aderência química, Dondi et al. (2008, p. 39) relatam que:

Os aspectos químicos essencialmente dizem respeito à capacidade da substância manchante em molhar a superfície do revestimento e à sua afinidade química com o esmalte ou o suporte.

Esta molhabilidade pode ser medida com base no ângulo de contato, o qual está relacionado à tensão superficial: quanto mais baixo este contato, maior é a capacidade de molhamento.

Com relação à possibilidade de manchamento de placas cerâmicas por argamassa de rejuntamento, Junginger (2003, p. 68), recomenda que:

Antes de qualquer tipo de aplicação definitiva do rejunte, deve-se ter certeza de que ele não provoca manchas nas placas, em particular naquelas não esmaltadas (algumas linhas rústicas, por exemplo, ou os porcelanatos polidos). Esse teste pode ser feito por meio de uma aplicação prévia num local menos visível, analisando o resultado final da aplicação. Caso não seja tomado esse cuidado, existe a possibilidade de o rejunte manchar de maneira perceptível e irreversível as placas do revestimento, inutilizando-o ou causando sérios prejuízos.

Nesse sentido, cores contrastantes entre argamassa de rejuntamento e placas cerâmicas tendem a evidenciar maior manchamento, caso a placa possua uma superfície de elevado grau de receptividade a sujidades. Por outro lado, Porcar<sup>6</sup> (1987 apud JUNGINGER, 2003, p. 37) comenta que “Enquanto cores de rejunte semelhantes à cor das placas tendem a deixar o pano de revestimento com aspecto contínuo, cores discrepantes ressaltam o efeito de modularidade da superfície revestida.”.

Muitas vezes a função estética em que se baseia o projeto arquitetônico é justamente o efeito de modularidade, principalmente quando se aplicam plaquetas que reproduzem a aparência de alvenaria à vista. Nesse contexto, Palmonari e Timellini (1989, p. 80, tradução nossa) recomendam que “Para tipos particulares de placas, [...], mais tratamentos (impregnação com cera) e polimento complementam a operação de limpeza.”. Com o mesmo intuito, Campante e Baía (2008, p. 78-79) propõem que:

Os rejuntas de revestimentos cerâmicos que utilizam placas cerâmicas não-esmaltadas necessitam de um cuidado maior devido à possibilidade de as argamassas

---

<sup>6</sup> PORCAR, J. L. **Manual-guía técnica de lós revestimentos y pavimentos cerámicos**. 1. ed. Castellón de la Plana: Instituto de Promoción Cerámica, 1987.

de rejuntamento impregnarem a superfície das placas cerâmicas (sobretudo em rejunte de cores fortes). Neste caso, é necessário aplicar sobre a superfície das placas uma camada de cera incolor, que será depois removida.

Junginger (2003, p. 71) também comenta uma solução para evitar o manchamento de placas cerâmicas por resíduos de argamassa de rejuntamento:

No caso de placas cerâmicas rústicas ou não esmaltadas (que “seguram” o rejunte), cuidados especiais devem ser tomados para evitar que o rejunte entre em contato com sua superfície. Isso pode ser feito por meio da aplicação de uma camada de cera (ou outro produto indicado pelo fabricante) sobre as placas, o que facilita a etapa de limpeza e minimiza a possibilidade de manchamento das placas.

### 3.2 ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO

A função básica da argamassa de rejuntamento é preencher as juntas de assentamento que, de acordo com a NBR 14992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 2), são definidas como o “[...] espaço livre entre as placas cerâmicas assentadas.”. Campante e Baía (2008, p. 31) citam as principais funções do preenchimento das juntas entre componentes:

- a) reduzir o módulo de deformação do pano de revestimento e, desta forma, aumentar a capacidade deste em absorver deformações vindas das variações térmicas e higroscópicas e das deformações da base;
- b) absorver as variações dimensionais entre as placas cerâmicas;
- c) permitir alinhamentos precisos das placas cerâmicas, que, por terem variações dimensionais decorrentes do próprio processo de fabricação, não podem ser assentadas “a seco” sem que percam os alinhamentos;
- d) permitir harmonização estética do conjunto.

De acordo com Junginger (2003, p. 21), os materiais historicamente utilizados no processo de rejuntamento – como nata de cimento, cimento branco e misturas com alvaiade – não apresentavam características adequadas ao bom desempenho das juntas. Atualmente, eles são aprimorados por aditivos específicos que provocam algumas alterações, como, por exemplo, nos seguintes aspectos:

- a) estabilidade de cor;
- b) resistência à manchas;



- c) baixa retração;
- d) baixa absorção de água;
- e) alta resistência de aderência;
- f) maior flexibilidade;
- g) resistência à abrasão.

As vantagens do uso de argamassa industrializada à base de cimento para rejuntamento das placas cerâmicas são descritas por Junginger (2003, p. 24):

Ao contrário dos rejuntas dosados em obra, os produtos industrializados [à base de cimento] têm a vantagem do controle de produção e a qualidade de matéria-prima, o que resulta em boa garantia de homogeneidade tanto em termos estéticos quanto em propriedades mecânicas após a aplicação. São compostos basicamente por cimento, corantes, retentores de água, agregados miúdos selecionados e polímeros em forma de pó redispersível, além de cargas minerais específicas de cada fabricante.

A NBR 14992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 2) classifica os rejuntamentos, com argamassas à base de cimento Portland, em dois tipos: tipo I e tipo II, ambos recomendados para uso em ambientes internos e externos. Para o rejuntamento tipo I são observadas as seguintes condições de aplicação:

- a) locais de trânsito não intenso;
- b) placas cerâmicas com absorção de água superior a 3%;
- c) em ambientes externos, desde que não excedam a área de 20 m<sup>2</sup> em pisos e de 18 m<sup>2</sup> em paredes (a partir disso, juntas de movimentação são exigidas).

Para o rejuntamento do tipo II, as aplicações são:

- a) as mesmas do rejuntamento tipo I;
- b) locais de trânsito intenso;
- c) placas cerâmicas com absorção inferior a 3%;
- d) em ambientes externos com qualquer área;
- e) presença de água confinada, como piscinas e espelhos d'água.

De acordo com Junginger (2003, p. 68-70), o processo de aplicação de argamassa nas juntas resume-se a:

- a) preencher completamente as juntas (preferencialmente com desempenadeira de borracha dura) em movimentos de vai-vém;

- b) retirar o excesso de rejunte sobre as placas;
- c) aguardar a secagem inicial;
- d) limpeza com bloco de espuma;
- e) acabamento com frisador em material inerte.

Com relação ao tempo para início da limpeza, Junginger (2003, p. 68) comenta que:

Se a consistência do rejunte estiver correta, a própria tarefa de aplicação impõe um ritmo de trabalho, ou seja, após um período de trabalho, o operário deve começar a preocupar-se em voltar ao ponto inicial para dar acabamento à região já rejuntada. Esse período varia conforme as condições atmosféricas, mas em geral situa-se entre 30-45 min para produtos monocomponentes. Se houver um grande intervalo entre a aplicação e o acabamento, a limpeza pode tornar-se muito trabalhosa e a superfície do rejunte pode ficar muito áspera e sem resistência, tornando-se friável e contribuindo para o acúmulo de sujeira.

O mesmo autor (JUNGINGER, 2003, p. 69-70) salienta que “O bloco de espuma deve ser passado repetidas vezes sobre as juntas, alisando o rejunte sem comprimi-lo [...]; esse bloco deve ser lavado frequentemente e com água limpa [...]”.

## 4 FUNDAMENTOS DE COLORIMETRIA

A percepção de manchamento em revestimentos baseia-se na alteração de cor da superfície exposta ao usuário. Segundo Santos e Quindici (2005, p. 410), “A cor de um corpo depende da radiação eletromagnética (luz) que o atinge e das propriedades do corpo de refletir, transmitir, absorver ou emitir essa radiação.”. Dessa forma, esse capítulo tem por objetivo revisar conceitos essenciais para a medição de cor.

### 4.1 PERCEPÇÃO DE COR

A percepção de cor depende da presença do objeto, do observador e da fonte luminosa. Nessas condições, um ser humano com visão normal está apto a perceber as cores. No entanto, nenhuma pessoa tem essa percepção de modo exatamente igual à outra, o que faz da percepção de cor um processo completamente subjetivo (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 405-406). Passuello (2004, p. 58) acrescenta que a percepção da cor também está condicionada ao modo como fonte, objeto e observador estão dispostos no espaço.

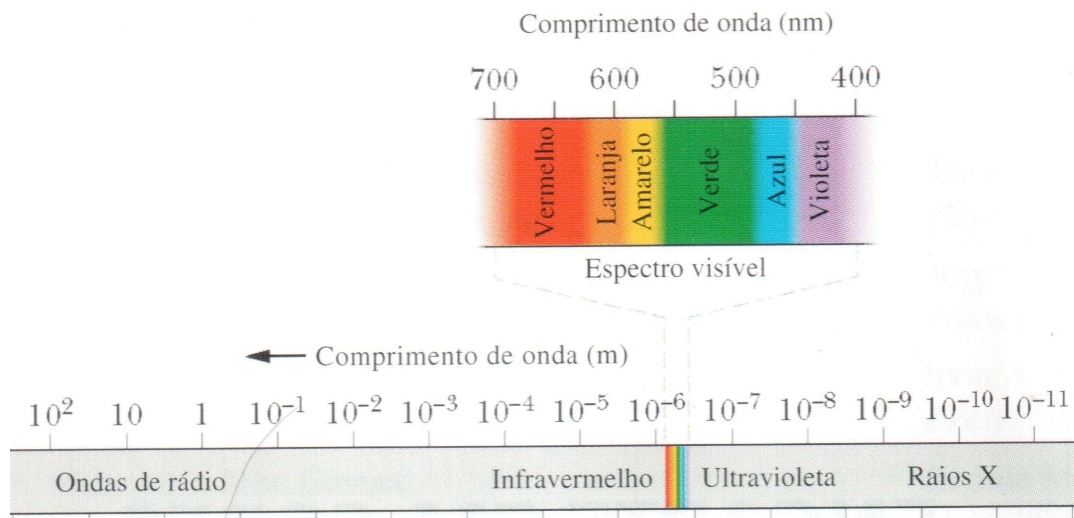
Segundo Ouchi (2005, p. 394), “[...] o olho humano só é sensível a uma estreita faixa de radiações situadas entre o vermelho e o violeta (400 a 700 nm). Uma diferença de apenas centésimos de milésimos de centímetros de comprimento de onda estabelece a diferença entre a visibilidade e a invisibilidade [...]” (figura 6).

De acordo com Passuello (2004, p. 57-58):

A luz visível faz parte de uma pequena seção do espectro de radiação eletromagnética, localizada entre os comprimentos de onda de 380 nm e 780 nm, que pode ser percebida pelo olho humano porque as radiações nesta faixa de comprimentos são capazes de estimular a retina.

Nos itens a seguir serão apresentados os conceitos que influenciam na percepção de cor.

Figura 6 – Espectro visível



(fonte: adaptado de HALLIDAY et al., 2009, p. 2)

#### 4.1.1 Fonte luminosa

A faixa de luz visível “[...] é capaz de estimular os dois tipos de receptores os quais permitem a visão pelos olhos dos humanos e de alguns animais; cones e bastonetes [...]” (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 406). Santos e Quindici (2005, p. 407) citam o sol, as lâmpadas incandescentes e os tubos fluorescentes como exemplos de fontes luminosas, que são “[...] misturas de radiações de vários comprimentos de onda (luz policromática), as quais podem ser decompostas em luzes isoladas por meio de monocromadores, tais como prismas, filtros de interferência ou redes de difração, resultando em luzes monocromáticas.”.

Atualmente, o iluminante mais apropriado como referência para comparação colorimétrica é o D65. Tal iluminante “[...] corresponde à irradiação solar de uma temperatura de 6.500 K, também denominado [...] luz do dia.” (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 407).

#### 4.1.2 Objeto

Segundo Santos e Quindici (2005, p. 408):

Quando a radiação de uma fonte luminosa atinge um objeto, a luz é modificada basicamente devido a dois fatores: os atributos geométricos e os atributos cromáticos. Os atributos geométricos estão relacionados com a constituição do objeto, ou seja, dependem da matéria, do brilho, da transparência e da rugosidade do

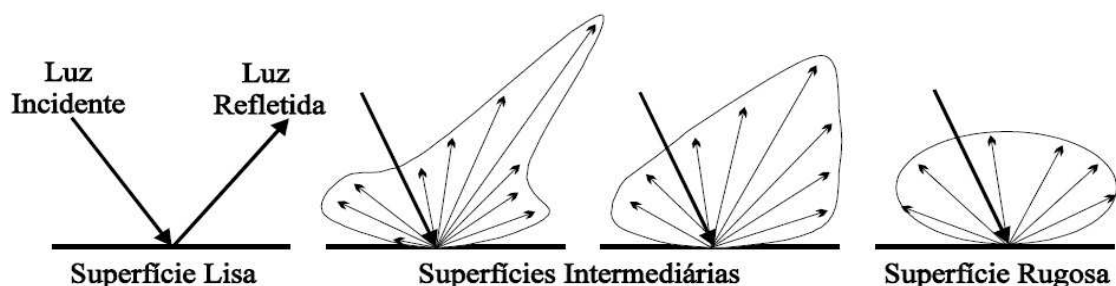
objeto. Essas características definem se o objeto é opaco, opaco metálico, translúcido ou transparente. Os atributos cromáticos estão relacionados com pigmentos e corantes, que, seletivamente, absorvem alguns comprimentos de onda, enquanto refletem ou transmitem outros. Se olharmos para um objeto qualquer e virmos a cor amarela, podemos concluir que, de todos os comprimentos de onda de uma luz branca incidente sobre o objeto, somente o comprimento de onda da luz amarela está sendo refletido, os demais são absorvidos [...].

Dessa forma, “Costuma-se definir a cor natural de um corpo como aquela que ele apresenta quando iluminado por todo o espectro visível (luz solar).” (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 410). De acordo com Gliese (2003, p. 8), quando a luz incide sobre um objeto, ocorrem os seguintes fenômenos:

- a) uma parte da radiação sofre uma colisão elástica na superfície, sendo refletida de forma especular. É o que se costuma chamar de brilho;
- b) outra parte da radiação atravessa o material, sendo transmitida;
- c) parte é absorvida pelo material, se transformando em calor ou promovendo reações químicas;
- d) e parte pode ser espalhada por irregularidades na superfície e/ou heterogeneidades no material propriamente dito.

De acordo com o acabamento superficial do objeto, a refletância atinge diferentes níveis. Desde regular, em superfícies lisas, até difusa, em superfícies rugosas (GLIESE, 2003, p. 8), que representam as superfícies brilhosas até as opacas, respectivamente (figura 7).

Figura 7 – Incidência de luz sobre diferentes acabamentos superficiais



(fonte: GLIESE, 2003, p. 8)

### 4.1.3 Observador

De acordo com Ouchi (2005, p. 395-396), a retina é composta de fibras óticas ramificadas do nervo ótico, que terminam em bastonetes ou cones. Os bastonetes são responsáveis pela visão noturna, pois assimilam a presença de luz, independente da cor, por isso, detectam as imagens apenas em preto e branco, ou seja, possuem baixa resolução de cor e são “[...] sensíveis ao movimento, forma, textura e pequenas variações da intensidade luminosa.”. Já os cones são responsáveis pela visão colorida e possuem “[...] alto poder de resolução em cor e baixa sensibilidade em intensidade de luz.”.

Com relação ao funcionamento dos cones, o modelo tricromático de Thomas Yong, segundo Ouchi (2005, p. 396), é o mais comum e aceito. Como as cores podem ser reproduzidas através da mistura de três radiações monocromáticas, esse modelo se baseia na:

[...] existência de três tipos de cones: azul, verde e vermelho, cada qual sensível a bandas de diferentes comprimentos de onda. [...].

De acordo com a teoria tricromática, quando os cones sensíveis ao vermelho e ao verde são excitados, um sinal é enviado ao cérebro e ele interpreta a mensagem como sendo uma cor intermediária entre o vermelho e o verde, registrando uma sensação de cor laranja ou amarelo esverdeado, de acordo com a predominância da mensagem. Se os três tipos de cones são excitados simultaneamente, a mensagem recebida pelo cérebro é branca, mesmo que a radiação não apresente um espectro contínuo.

Ouchi (2005, p. 396) explica que a fóvea – minúscula depressão no centro da retina e que, portanto, encontra-se no eixo visual do olho humano – é uma região que:

[...] compreende milhões de cones firmemente empacotados em uma área que subentende um ângulo de aproximadamente 2° do campo de visão. Portanto, quando queremos enxergar em detalhes um objeto, precisamos olhar em linha reta, de modo que a imagem incida sobre esta área.

No entanto, segundo Santos e Quindici (2005, p. 414), em 1964, descobriu-se que:

O campo visual de 10° aproxima-se mais do olho humano, porque, além de captar as diferenças de cor proporcionadas pelas células do tipo cone concentradas na zona foveal do olho, capta também as diferenças de luminosidade que são proporcionadas pelas células do tipo bastonete espalhadas sobre a retina, as quais não são levadas em conta no observador de 2°.

Daí resultou a existência de dois observadores-padrão adotados pela CIE – *Commission Internationale de L'éclairage* – os observadores 2º e 10º. Dependendo da análise que se deseja realizar, se utiliza um ou outro (quadro 1).

Quadro 1 - Observadores-padrão CIE

Observador 2º CIE 1931	Foco sobre a fóvea	Pouco conhecimento do olho, utilizado por fabricantes de pigmento
Observador 10º CIE 1964	Foco sobre a retina	Melhor correlação com a média visual, típica de relações comerciais

(fonte: SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 414)

## 4.2 MEDIÇÃO DE COR

Segundo Santos e Quindici (2005, p. 408):

A quantidade de luz refletida ou transmitida por um objeto pode ser quantificada por meio de instrumentos, tais como os densiômetros de luz que medem a densidade de radiação, por colorímetros ou espectrofotômetros [...]. Esta medida de energia espectral ou curva espectrofotométrica [...] permite que venhamos a identificar a cor característica ao corpo.

Devido à subjetividade da percepção de cor, Gliese (2003, p. 3) comenta que “[...] a medição de parâmetros colorimétricos implica na padronização de uma série de fatores relacionados com a preparação da amostra, iluminação e geometria de medição.”. Passuello (2004, p. 61) também cita que:

A forma com que é distribuído no espaço o objeto e a fonte de luz que o está iluminando altera a percepção que se tem de sua cor. Desta forma, é necessário padronizar a geometria de exposição para a realização de medições cromáticas. A geometria ótica é representada pelo ângulo em que o feixe de luz provindo da fonte atinge a amostra, e pelo ângulo em que a luz refletida pela amostra atinge o receptor.

### 4.2.1 Sistema CIE

Segundo Santos e Quindici (2005, p. 414-415), desde 1931, o sistema de cores CIE é padrão internacional para medição, designação e acerto de cores. Nesse sistema uma cor pode ser

designada pelo percentual relativo de cores primárias – representadas pelas coordenadas cromáticas x, y e z (vermelho, verde e azul, respectivamente) – que a compõe. Logo, a cor:

[...] pode ser identificada utilizando-se um valor matemático derivado do gráfico sobre o diagrama de cromaticidade como um ponto cromático.

A partir desse ponto cromático, o comprimento de onda predominante e a sua pureza podem ser determinados. Todas as cores possíveis e visíveis pelo ser humano podem ser designadas no diagrama de cromaticidade, sejam elas emitidas, transmitidas ou refletidas.

A partir dessas coordenadas, as equações 1 a 3 permitem calcular os valores tricromáticos X (vermelho), Y (verde) e Z (azul), ou seja, calcular “[...] a resultante que representará a quantidade de cada uma das cores primárias [...] no intervalo de 400 a 700 nm, necessários para produzir para o observador-padrão a cor do espectro correspondente ao comprimento de onda medido pelo espectrofotômetro.” (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 415):

$$X = \sum_{400}^{700} E(\lambda).x, \lambda \Delta \lambda \quad (\text{equação 1})$$

$$Y = \sum_{400}^{700} E(\lambda).y, \lambda \Delta \lambda \quad (\text{equação 2})$$

$$Z = \sum_{400}^{700} E(\lambda).z, \lambda \Delta \lambda \quad (\text{equação 3})$$

Onde:

$\lambda$  = comprimento de onda;

$\Delta \lambda$  = intervalo entre comprimento de onda integrado pelo cálculo colorimétrico;

E = energia luminosa no comprimento de onda  $\lambda$ .



As coordenadas cromáticas de uma cor (x, y e z) são funções de resposta do observador-padrão, logo, são valores diferentes para o observador de 2° e de 10°, e podem ser obtidas a partir dos valores triestímulos pelas equações 4 a 6 (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 416):

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (\text{equação 4})$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (\text{equação 5})$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (\text{equação 6})$$

Onde:

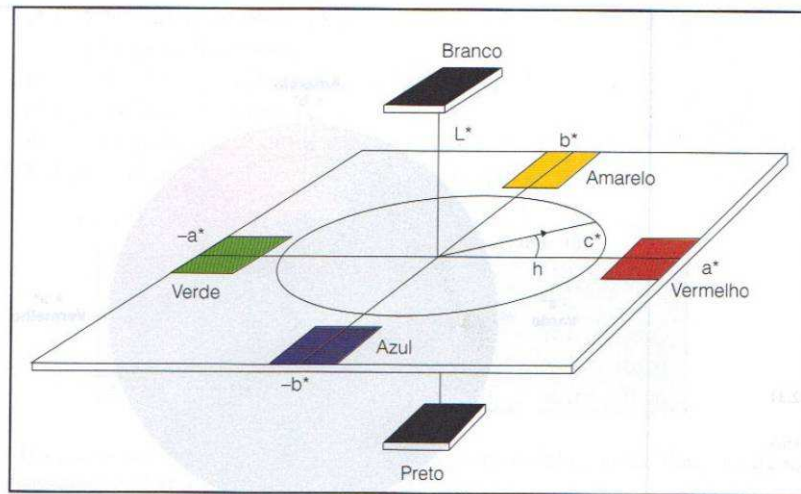
X, Y, Z = valores tricromáticos;

x, y, z = coordenadas cromáticas.

Em função do primeiro espaço criado pelo CIE (XYZ) apresentar problemas de uniformidade, em 1976, o CIE evoluiu para o sistema denominado L\*a\*b\*, baseado na teoria das cores oponentes. O sistema indica que “[...] a cor é percebida através de reações do olho a sensações de cores opostas [...]”. Assim, o eixo L\* varia de branco a preto, a\* varia de vermelho a verde e b\* vai do amarelo ao azul, como indica a figura 8 (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 418).

Segundo Gliese (2003, p. 5), a especificação, por parte das empresas, em termos de L\* a\* e b\*, além de já ser a mais utilizada, representa contínua tendência de aplicação. Santos e Quindici (2005, p. 419) alertam que, caso a escala colorimétrica, o iluminante, o observador, a geometria do instrumento e a técnica de medição não forem identificados, os valores de L\* a\* e b\* não possuem significado.

Figura 8 – Espaço colorimétrico CIE L\*a\*b\*



(fonte: SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 419)

As equações 7 a 9 representam cada eixo desse sistema (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 419):

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \quad (\text{equação 7})$$

$$a^* = 500 \left( \frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \quad (\text{equação 8})$$

$$b^* = 200 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \quad (\text{equação 9})$$

Onde:

X, Y, Z = valores tricromáticos;

X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub> = valores tricromáticos para um difusor perfeito no iluminante que será utilizado.

Segundo Gliese (2003, p. 5), uma cor é usualmente especificada pelas coordenadas  $L^*a^*b^*$  e por um valor máximo de variação de cor. Santos e Quindici (2005, p. 421) comentam que o sistema  $L^*a^*b^*$  é importante para o reconhecimento de diferenças de cor ( $\Delta E^*$ ). Sendo que:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{equação 10})$$

Onde:

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^*$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^*$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^*$$

Santos e Quindici (2005, p. 423), comentam que

Com algum conhecimento sobre o espaço CIE  $L^*a^*b^*$ , um técnico pode dizer apenas através dos sinais dos valores de delta se uma determinada amostra está mais suja, limpa, clara, escura, azulada, avermelhada, esverdeada ou amarelada do que o padrão.

Sendo assim, se (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 243):

- a)  $\Delta L^*$  (+): a amostra é mais clara que o padrão;
- b)  $\Delta L^*$  (-): a amostra é mais escura que o padrão;
- c)  $\Delta a^*$  (+): a amostra é mais vermelha que o padrão;
- d)  $\Delta a^*$  (-): a amostra é mais verde que o padrão;
- e)  $\Delta b^*$  (+): a amostra é mais amarela que o padrão;
- f)  $\Delta b^*$  (-): a amostra é mais azul que o padrão.

A faixa de valores de  $\Delta E^*$  entre 0,5 e 0,9 representa o limite de diferença entre duas cores percebida pelo ser humano. A tabela 1 apresenta os valores aceitáveis na prática, na indústria de tintas, para  $\Delta E^*$  (SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 423).

Tabela 1 – Valores de variação de cor aceitáveis na prática

Cor	$\Delta E^*$
Vermelhos e laranjas	0,9
Verdes	0,5
Amarelos e beges	0,7
Azuis	0,5
Branco	0,3

(fonte: SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 423)

Segundo Petter e Gliese<sup>7</sup> (2000 apud VARELA, 2002, p. 14), a indústria de tintas associa a variação de cor  $\Delta E^*$  à percepção de diferença de cor pelos limites apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Percepção de diferença de cor utilizada na indústria de tintas

$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
< 0,2	Imperceptível
0,2 a 0,5	Muito pequena
0,5 a 1,5	Pequena
1,5 a 3,0	Distinguível
3,0 a 6,0	Facilmente distinguível
6,0 a 12,0	Grande
> 12,0	Muito grande

(fonte: PETTER; GLIESE<sup>8</sup>, 2000 apud VARELA, 2002)

#### 4.2.2 Equipamentos colorimétricos

A estrutura básica de um equipamento medidor de cor é formada por fonte de luz, detector e monocromador, que separa a luz em cada comprimento de onda (SANTOS; QUINDICI,

<sup>7</sup> PETTER, C. O.; GLIESE, R. **Colorimetria Aplicada**. Porto Alegre: Laboratório de Processamento Mineral do Centro de Tecnologia da UFRGS, 2000. Apostila.

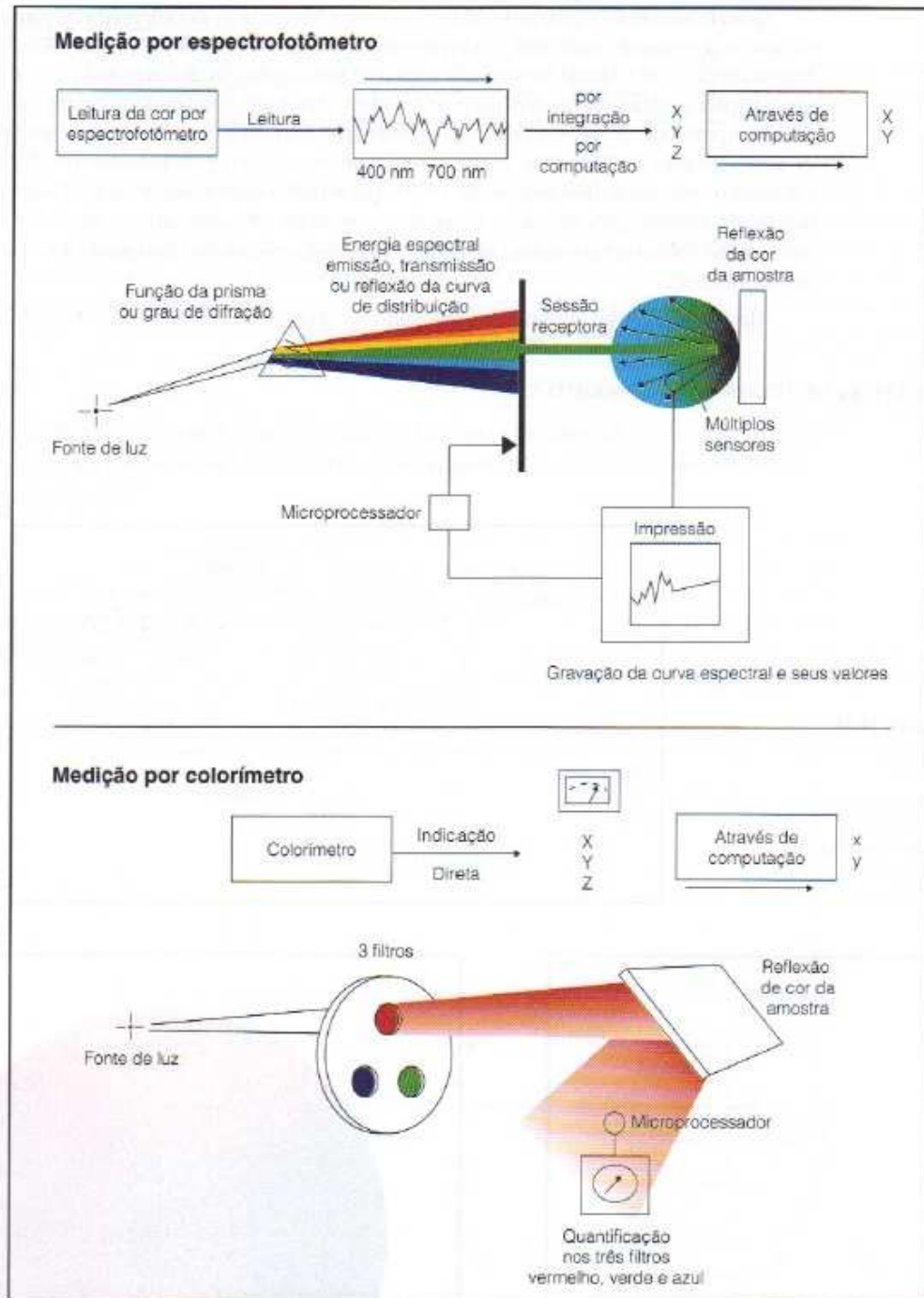
<sup>8</sup> Idem.

2005, p. 428). Existem basicamente dois equipamentos que fazem medição de cor: colorímetros e espectrofotômetros.

Segundo Santos e Quindici (2005, p. 429), os colorímetros “Possuem três tipos de detectores, um para cada um dos componentes primários azul, verde e vermelho, que captam proporcionalmente a quantidade de cada um deles na composição da cor e convertem essas sensações luminosas em valores de triestímulos ou valores  $L^*a^*b^*$  [...]”. Passuelo (2004, p. 68) explica que os espectrofotômetros utilizam múltiplos sensores para recepcionar a luz, que é avaliada em todo espectro de luz visível (cada sensor é sensível a um comprimento de onda). Com isso, os valores triestímulos (tricromáticos) são calculados pelo processador do aparelho e logo após são convertidos em qualquer espaço de cor. Assim, a vantagem é que pode ser obtido o gráfico espectral da cor percebida.

A seguir, uma representação esquemática do mecanismo de funcionamento de cada um desses equipamentos (figura 9).

Figura 9 –Funcionamento de espectrofotômetros e de colorímetros



(fonte: SANTOS; QUINDICI, 2005, p. 426)

## 5 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

Nesse trabalho, os tratamentos superficiais abordados serão os de proteção e os corretivos. Sendo que os usos mais comuns dos tratamentos de proteção, descritos na literatura, são em concretos e rochas. No caso de tratamentos corretivos, as metodologias empregadas estão, normalmente, associadas aos processos de manutenção de fachadas.

### 5.1 TRATAMENTOS PROTETORES

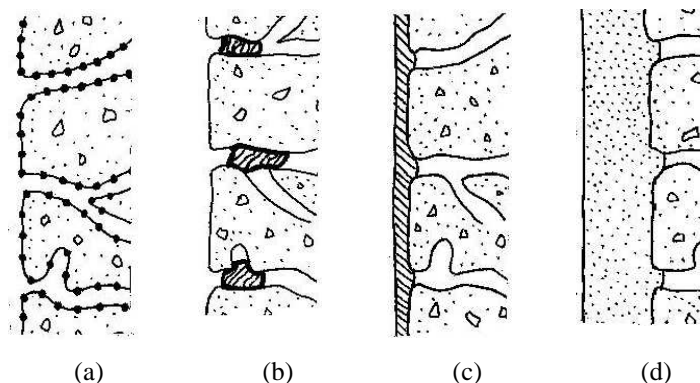
Em geral, tratamentos de proteção são utilizados, independente de sua formulação química, com a finalidade de combater a entrada de água, através da superfície do material, ou seja, historicamente, busca-se impermeabilizar a camada exposta. Por isso, o uso desse tipo de tratamento está, normalmente, vinculado ao processo de conservação da edificação.

Kus (2002, p. 17) apresenta os principais tipos de tratamentos superficiais que são apropriados para aplicação em fachadas:

- a) impregnação da superfície com hidrofugantes à base de silicone, que modificam a tensão superficial da superfície sem fechar os poros da superfície (figura 10a);
- b) aplicação de produto cristalizante (frequente uso como *primer* antes do revestimento principal) que bloqueiam os poros (figura 10b);
- c) produtos impermeabilizantes (tintas, selantes e vernizes) formadores de película contínua (camada de filme) sobre a superfície (figura 10c);
- d) camada de argamassa especial com incorporação de aditivos que permitem a transmissão de vapor d'água (figura 10d).

Dentre os tratamentos superficiais descritos, apenas os correspondentes aos itens (a) e (d) permitem a difusão de vapor d'água. Nesse sentido, Charola (1995, p. 10) classifica os tratamentos de proteção em tratamentos totalmente impermeáveis à água (impermeabilizantes) e em tratamentos impermeáveis à água, mas permeáveis ao vapor de água (hidrorepelente/hidrofóbico). Esse tratamento tem por característica a permissão da migração de vapor d'água que possibilita o equilíbrio da alvenaria através da troca de condições climáticas entre o interior e o exterior da edificação.

Figura 10 – Tratamentos superficiais de proteção: (a) hidrofugante; (b) produto cristalizante; (c) impermeabilizante; (d) argamassa especial



(fonte: MAYS<sup>9</sup>, 1992 apud KUS, 2002, p. 17)

Em concretos cromáticos, Passuello (2004, p. 53-54) afirma a preocupação com o manutenção do acabamento superficial (cor) de tais concretos e, portanto, a necessidade de uma escolha criteriosa do tratamento de proteção a ser utilizado. Segundo Lima (1994, p. 24), “Depois do preparo do substrato, aplica-se um sistema protetor para tratamento de concreto, que basicamente poderá ser escolhido entre duas opções: hidrofugantes de superfície e películas impermeabilizantes.”, sendo que as películas impermeabilizantes podem ser: verniz acrílico, base água ou base solvente; verniz epóxi ou verniz poliuretano.

A escolha entre um e outro deve ser feita de acordo com as condições climáticas a que estarão submetidos e o aspecto visual do acabamento original, já que mudanças na arquitetura não são desejáveis. Lima (1994, p. 24) alerta para uma série de manifestações patológicas que podem ocorrer em concretos aparentes durante o uso não orientado de tratamentos de proteção. Os problemas vão desde alteração de cor (escurecimento, amarelamento) até processos de calcinação da superfície tratada.

Assim, a consideração da presença de agentes externos no local de aplicação do tratamento, das propriedades do material a ser protegido e da fórmula química do produto que fará a proteção devem ser levados em conta. Além disso, é necessário que esses fatores sejam compatíveis a fim de evitar o surgimento de um novo problema.

Um comparativo entre as características dos principais tratamentos de proteção utilizados em concretos e rochas é apresentado no quadro 2.

<sup>9</sup> MAYS, G., **Durability of concrete structures**: investigation, repair, protection. London: E&F Spon, 1992.



Quadro 2 – Comparação entre hidrorrepelentes e impermeabilizantes

<b>Hidrorrepelentes (hidrofugantes)</b>	<b>Impermeabilizantes (vernizes)</b>
Não requerem substrato liso e contínuo	Requerem substrato liso e contínuo
Não alteram ou alteram pouco a aparência do substrato	Alteram a aparência
Não impedem a passagem de vapor d'água, facilitando o equilíbrio interno e externo	Impedem a passagem de vapor d'água, podendo formar bolhas ou manchas
Não impedem a penetração de água sob pressão	Impedem a penetração de água sob pressão
Não impedem a penetração de vapores agressivos	Impedem a penetração de vapores agressivos
Reduzem a lixiviação	Impedem a lixiviação
Oferecem maior resistência à fotodecomposição	Menor resistência à fotodecomposição
Reduzem a penetração de sais solúveis	Impedem a penetração de sais solúveis

(fonte: adaptado de BARREIRA..., 2008)

### 5.1.1 Hidrofugantes

Segundo Lima (1994, p. 24), “Os sistemas hidrofugantes são incolores e sem brilho e, por isso, indicados para superfícies porosas que não possam ser visualmente alteradas. Além disso, esses sistemas permitem a troca de vapor de água com o ambiente.”.

Hidrofugantes são formulados à base de polímeros e possuem comportamento hidrofóbico, que se caracteriza por apresentar valores de tensão superficial inferiores à água e ângulo de contato superior a 90° (quanto menor a tensão superficial, maior o ângulo de contato) (MARANHÃO; LOH, 2010, p. 50). Materiais que apresentam comportamento contrário ao hidrofóbico possuem afinidade com a água e são denominados hidrófilos (MEDEIROS; HELENE, 2009, p. 50).

No caso de aplicação de tratamentos para solucionar o problema de umidade ascensional em paredes, barreiras químicas são aplicadas com a utilização de produtos hidrófugos. O quadro 3 apresenta as principais características desses produtos.

Quadro 3 – Características de produtos hidrófugos

<b>Produtos</b>	<b>Características</b>
Organo-metálicos	Produtos mais recentes, constituídos por compostos orgânicos, de titânio e de alumínio que se polimerizam em presença de água após a evaporação dos solventes.
Silicatos	Conjunto de produtos que têm em comum a formação de um gel de sílica que irá obturar os poros e os tubos capilares. Estes produtos apresentam uma baixa capacidade de penetração nas paredes. A sua introdução pode originar eflorescências e levar a uma desagregação de partes superficiais do material.
Silicones	Compostos macromoleculares dissolvidos em solventes hidrófugos, o que dificulta a impregnação.
Siloxanos	Solução aquosa de metassiliconato de potássio.

(fonte: adaptado de FREITAS et al., 2008, p. 60)

Segundo Maranhão e Loh (2010, p. 50):

Atualmente, os hidrofugantes mais utilizados na construção civil para a redução da penetração de água são à base de silicone, que possuem uma baixa tensão superficial (inferior a 24 mN/m) e conseguem recobrir a superfície dos poros do substrato sem formar película [...]. Como consequência, reduzem as forças capilares e a penetração de água, causam menor impacto na permeabilidade ao vapor e apresentam boa adesão aos materiais silicosos.

Os silicones são formados por uma matriz inorgânica (Si-O-Si) e por radicais apolares que são os responsáveis pela repelência à água. De maneira geral, quanto maior é esse radical, maior é a eficiência e a durabilidade do hidrofugante.

Os principais hidrofugantes à base de silicone utilizados no Brasil são (MARANHÃO; LOH, 2010, p. 50-51):

- a) silanos: são os mais simples dos silicones [...] Esse tipo de material caracteriza-se por ser transparente, não formar filme, possuir baixa viscosidade e o menor tamanho de molécula entre os derivados de silicone [...] Um ponto negativo desses produtos é que os grupos alcóxi existentes volatizam durante a aplicação, fazendo com que uma importante parcela do material não seja aproveitada (em torno de 40% de sua massa inicial);
- b) siloxanos: [...] [possuem] menor teor de voláteis do que os silanos. Os siloxanos, comparativamente aos silanos, possuem uma energia superficial cerca de 10% inferior, uma maior reatividade e um menor tempo para formação da superfície hidrofóbica;
- c) siliconato: produtos provenientes da adição de um metal alcalino a uma solução de silano com o objetivo de aumentar a estabilidade, solubilidade e baratear o custo final [...] Os mais comuns no Brasil são os metilsiliconatos. Caracterizam-se por promover uma hidrorrepelência intermediária e serem à base de água. Por reagirem de maneira lenta em substratos alcalinos – como os materiais cimentícios – causam manchas se aplicados sobre substratos úmidos;

- d) silanos/siloxanos: produto proveniente pela mistura desses dois tipos de hidrofugantes. Hoje é o produto mais comercializado no país. Os produtos quando indicados para aplicação em granito, que possui menor quantidade e dimensão de poros, possuem uma predominância de silanos, enquanto que, em superfícies muito porosas, como as argamassas de revestimentos predominam os siloxanos. Até há pouco tempo essa mistura era comercializada na base solvente e hoje na base aquosa, como emulsão. Os compostos de base solvente contêm na sua composição VOC (compostos orgânicos voláteis) que são substâncias potencialmente nocivas à saúde do trabalhador durante a aplicação do produto e causam maior impacto ao meio ambiente.

### 5.1.2 Vernizes

Vernizes quando aplicados na superfície de materiais de construção formam uma película aderente, na forma de filme que protege o material através de uma barreira (LIMA, 1994, p. 24). Em BARREIRA... (2008), o conceito de vernizes e impermeabilizantes é definido como produtos “[...] produzidos à base de resinas acrílicas, poliuretânicas e epoxídicas, que formam película protetora [...] Além disso, alteram a aparência das pedras, deixando-as brilhantes, acetinadas ou foscas, dependendo do tipo.”.

Diniz (1993, p. 785-786) indica as características de alguns tipos de verniz utilizados na proteção de concretos:

- a) **acrílico à base de água:** “[...] possuem boa aderência sobre o concreto, mantendo durante anos, mesmo em exteriores, o seu aspecto original.”;
- b) **acrílico à base de solvente:** “[...] têm grande resistência ao amarelamento quando expostos às radiações solares.”;
- c) **poliuretano bicomponente para exteriores:** “[...] altíssima resistência ao envelhecimento e amarelamento. Quando aplicados sobre concreto aparente, não modificam significativamente o seu aspecto.”;
- d) **epóxi bicomponente:** “[...] calcinam e perdem brilho em ambientes externos.”.

### 5.1.3 Ceras

Pode-se dizer que as ceras, junto de óleos, são os impermeabilizantes mais antigos da construção civil. Charola (1995, p. 10) comenta que gregos e romanos já utilizavam tais produtos com a finalidade de proteger rochas.

De acordo com Amoroso e Fassina<sup>10</sup> (1983 apud MARANHÃO; BARROS, 2006, p. [10]):

As ceras têm aplicação restrita porque frequentemente provocam alterações na superfície tratada (amarelamento), e, em presença de umidade e carbonato de cálcio, formam sabões, causando branqueamento das cores originais da rocha. Além disso, as características iniciais de hidrorrepelência desaparecem com o tempo, pois apresentam penetração muito reduzida, e, por atrair partículas de poeira, contribuem para a sujeira do revestimento.

Na primeira metade do século XIX, as ceras, bem como os óleos, tiveram aplicação com função de hidrorrepelentes. Charola (1995, p. 10, tradução nossa) comenta que “O método tradicional de proteção das superfícies de construções, especialmente em rochas, era baseado na aplicação da mistura de cera e óleo, sebo, ou resina.”.

Um exemplo foi o uso de parafina no obelisco do *Central Park (Cleopatra's Needle)*, em Nova Iorque. Atualmente, a cera microcristalina é o produto equivalente à parafina, diferindo apenas o tamanho de molécula na formulação química (CHAROLA, 1995, p. 10).

## 5.2 TRATAMENTOS CORRETIVOS

O nível e intensidade do tratamento de limpeza dependerão do tipo de sujidade e do grau de aderência aos materiais e, portanto, dos agentes e do mecanismo de manchamento. No caso de limpeza de fachadas, como manutenção desse subsistema do edifício, o quadro 4 apresenta alguns itens de verificação antes do início dos procedimentos.

Tratando-se de produtos agressores à integridade física dos trabalhadores – já que podem ser quimicamente ácidos ou básicos – o prévio conhecimento das características e componentes de cada tipo de limpeza é de suma importância.

---

<sup>10</sup> AMOROSO, G. G.; FASSINA, V. **Stone decay and conservation**: atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection. Amsterdam: Elsevier, 1983.

Quadro 4 – Fatores que influenciam a programação da atividade de limpeza

<b>Fatores</b>	<b>Observações</b>
Material de construção	Propriedades físicas, químicas e mecânicas (cor, brilho, textura, porosidade, etc.).
Natureza da sujidade	Composição química e propriedades físicas (aderência mecânica, ligação química, orgânico/ inorgânico).
Causa da sujidade	A sujidade pode ser apenas um sintoma do problema. Nesse caso, deve-se verificar se medidas corretivas foram realizadas (por exemplo, a presença de eflorescência indica a penetração de umidade na estrutura).
Histórico da construção	Verificação da ocorrência de reparos e limpezas anteriores, como tratamentos superficiais, que podem afetar o atual processo de limpeza.
Integridade dos componentes	Verificação da necessidade de reparos, preenchimentos das juntas, etc.
Detalhes construtivos	Certos detalhes inibem o sucesso de certos métodos de limpeza; dispositivos, como âncoras, incorporadas à fachada podem ser susceptíveis a vários agentes de limpeza.
Considerações de segurança	Eliminação de resíduos, riscos de aplicação para trabalhadores, o público e o ambiente.
Localização	Localização da estrutura, efeito nas estruturas vizinhas, padrões de clima de ventos que podem afetar os processos de aplicação e de secagem dos produtos.
Custos e prazo de execução	Definir como (equipamentos) e quando será realizado.
Produtos disponíveis e avaliação dos processos	Vantagens e desvantagens, aplicação em larga escala, resultados de laboratórios e teste <i>in situ</i> em pequena escala.

(fonte: adaptado de MATERO et al., 1996, tradução nossa, p. 64)

### 5.2.1 Limpeza com água

De acordo com Moncrieff e Weaver<sup>11</sup> (1996 apud RESENDE, 2004, p. 70), a água tem a capacidade de desprender e dissolver diversas sujidades aderidas aos revestimentos. A dissolução ocorre devido à polaridade das moléculas da água e à propriedade que a água possui de formar ligações do tipo ponte de hidrogênio. Portanto, as sujidades formadas por substâncias orgânicas (que apresentam grupos polares), como álcool polivinílico e glicol polietileno, ou por compostos iônicos (sais) podem ser dissolvidas ou suavizadas com água.

<sup>11</sup> MONCRIEFF, A.; WEAVER, G. **The science for conservators: cleaning**. London: Routledge, 1996.

O método de limpeza com água tem efeito na retirada de sujidades que não estão quimicamente aderidas à superfície e, também, na retirada de sujidades solúveis em água. No entanto, esse tipo de sujidade ocorre apenas em locais não expostos periodicamente à lavagem da água da chuva (MATERO et al., 1996, p. 70).

Segundo Resende (2004, p. 70-75), as técnicas de limpeza com água são:

- a) **saturação com água:** consiste em pulverizar água sobre o revestimento em um período em torno de 2 a 4 horas, a fim de amolecer as sujidades. Por ser uma técnica de exposição controlada, o CSTC [(CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, 1995)]<sup>12</sup> recomenda seu uso apenas em revestimentos com materiais não porosos e de superfície lisa;
- b) **água sob pressão:** remove sujidades aderidas em rugosidades (ESTOUP<sup>13</sup>, 1997). Nessa técnica é necessário testar os equipamentos e suas distâncias do revestimento, com intuito de evitar desgaste abrasivo. É recomendada para remoção de manchamentos devido à poluição atmosférica;
- c) **vapor de água:** projeção de vapor ou água quente (80°C a 140°C) que auxilia na limpeza sob pressão e com uso de produtos químicos.

## 5.2.2 Limpeza abrasiva

Segundo Bolorino et al. (1995, p. 414), o serviço de escovação “[...] pode ser feito mecânica ou manualmente, utilizando-se lixas, pó abrasivo, com ou sem detergente.”. Sendo que o uso de escovas de aço deve ser evitado pela possibilidade de deixarem fragmentos do metal que, posteriormente, podem manchar a superfície.

Resende (2004, p. 75) comenta que a limpeza abrasiva “[...] remove as sujidades por meio da fricção mecânica de materiais no revestimento. Esta aplicação pode se dar por meio de escovação ou pela projeção, seca ou úmida, de materiais com características abrasivas.”.

A escovação é um método normalmente usado como apoio às técnicas de limpeza com água e com produtos químicos, já que, sozinha, remove apenas sujidades fracamente aderidas ao revestimento (RESENDE, 2004, p. 75). No caso de retirada de manchas de pó, eflorescência e

---

<sup>12</sup> CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **NIT 197**: Le nettoyage des façades – remplace la NIT 121. Bruxelles, 1995.

<sup>13</sup> ESTOUP, J. M. Salissures et nettoyage des façades d'immeubles (II). **Sycodés Informations**, Paris, n. 41, p. 67-72, mars/avr. 1997.

lana, Bolorino et al. (1995, p. 415) comentam que o uso de escova rígida de nylon e água é altamente recomendável.

### 5.2.3 Limpeza química

As sujidades formadas por moléculas apolares (graxas e gorduras), que são insolúveis em água, podem ser dissolvidas e removidas por detergentes, solventes orgânicos, ácidos e bases, através de reações físico-químicas (RESENDE, 2004, p. 77). No caso de aplicação desses produtos em revestimentos de argamassa, Bolorino et al. (1995, p. 414) recomendam que “As soluções das substâncias químicas utilizadas, bem como os resíduos de limpeza, não devem escorrer pela superfície [...] para não gerar novas manchas ou impregnações, que irão provocar veios irregulares e de difícil remoção.”.

Junginger (2003, p. 71) comenta que o efeito corrosivo de alguns produtos químicos ataca a superfície do rejunte. O autor ainda comenta que mesmo esse ataque sendo em pequena quantidade, o uso desses produtos não é recomendado.

#### 5.2.3.1 Sabões e detergentes

Detergentes são definidos como um composto sintético orgânico, quimicamente diferentes dos sabões, mas que são capazes, ambos, de desagregar substâncias oleosas, manter a sujeira em suspensão e atuar como agente molhante (MATERO et al., 1996, p. 70). De acordo com Moncrieff e Weaver<sup>14</sup> (1996 apud RESENDE, 2004, p. 77), os ácidos orgânicos que compõe os sabões tem origem nas gorduras animais e óleos vegetais, enquanto detergentes são de origem mineral. De acordo com Matero et al. (1996, p. 70, tradução nossa), “A tensão superficial da água pode ser dramaticamente reduzida pela adição de uma pequena quantidade de detergente ou de outro agente surfactante.”.

#### 5.2.3.2 Solventes orgânicos

Solventes orgânicos são utilizados, segundo Resende (2004, p. 79), “[...] para remoção de pinturas (pichação), óleos, graxas, materiais betuminosos e outras sujidades não solúveis em

---

<sup>14</sup> MONCRIEFF, A.; WEAVER, G. **The science for conservators: cleaning**. London: Routledge, 1996.

água.”. O mesmo autor cita os motivos pelos quais o produto é pouco utilizado em limpeza de fachadas:

- a) altamente volátil;
- b) possibilidade de dissolução e dispersão das sujidades para o interior dos poros do revestimento;
- c) inflamável;
- d) tóxico.

### 5.2.3.3 Ácidos

Produtos de base ácida possuem maior poder de desincrustação do que as opções acima citadas e, portanto são freqüentemente utilizados para limpeza em período final de obra para retirada de sujidades fortemente aderidas (geralmente resíduos de produtos cimentícios). No entanto, Resende (2004, p. 79) alerta que esses produtos devem ser especificados somente após a verificação de ineficácia de outros métodos de limpeza, já que são capazes de dissolver materiais compostos de carbonatos e gesso, encontrados em revestimentos com rochas calcárias e argamassas de cal.

Entre os mais utilizados para a limpeza de revestimentos de fachada, Resende (2004, p. 79) cita os seguintes ácidos inorgânicos:

- a) fluorídrico (HF);
- b) bifluoreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ );
- c) fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ );
- d) clorídrico (HCl);

No mesmo trecho, o autor cita os ácidos orgânicos mais utilizados:

- a) cítrico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ );
- b) acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ );
- c) oxálico ( $\text{CO}(\text{OH})_2$ ).

Bolorino et al. (1995, p. 414) comentam que o ácido muriático (solução de ácido clorídrico), além de dissolver substâncias cálcicas, causa manchas amareladas em argamassas de cimento branco e dentre as soluções ácidas disponíveis, alertam para a existência de produtos à base de ácido fluorídrico com efeitos perigosos ao aplicador.



Já que o ácido clorídrico tem poder de reagir com produtos cimentícios, Resende (2004, p. 80) comenta a sua vasta utilização na limpeza de resíduos de argamassa de rejuntamento ou de assentamento. No entanto, o autor considera esse uso indevido, uma vez que a solução “[...] reage com os silicatos do esmalte das cerâmicas produzindo eflorescências de coloração marrom; possibilita a formação de sais solúveis e pode penetrar na estrutura do edifício podendo causar a oxidação das armaduras.”.

Sobre a aplicação de soluções ácidas, “[...] todo o revestimento a ser limpo deve ser previamente saturado com água.”, evitando assim a penetração do produto e consequente ataque da superfície. Após a aplicação, a superfície deve ser neutralizada com água em abundância acrescido de escovação (BOLORINO et al.,1995, p. 414).

#### 5.2.3.4 Bases

Os produtos alcalinos são formados por um detergente e uma base, normalmente hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio, e, ao contrário dos ácidos, podem ser utilizados em revestimentos como mármore e calcários, uma vez que não reagem com os carbonatos presentes nesses materiais (MATERO et al.,1996, p. 72, tradução nossa).

De acordo com Resende (2004, p. 80):

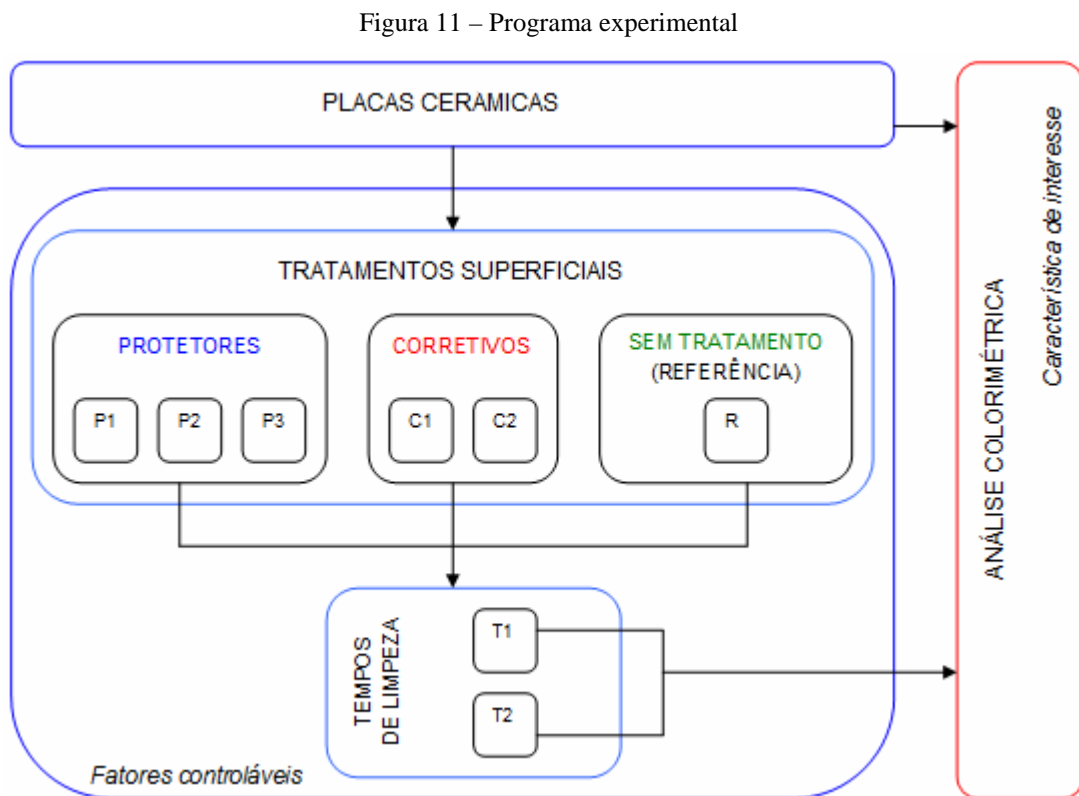
Na limpeza, as bases atuam como agentes desengraxantes, removendo as mais espessas camadas de sujidades e organismos biológicos dos revestimentos. Dessa forma, os produtos cáusticos reduzem a quantidade de água a ser utilizada na limpeza dos revestimentos que contêm carbonatos.

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais utilizados e as metodologias empregadas para verificar o desempenho dos produtos analisados, frente aos objetivos dessa pesquisa experimental. Além disso, o programa experimental – essencial para a definição da pesquisa e para o desenvolvimento dos ensaios – é apresentado com as variáveis de interesse.

### 6.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

A metodologia utilizada para realização dessa pesquisa é do tipo experimental por ser a que melhor se enquadra para avaliar o fenômeno físico da variação cromática para cada tratamento superficial. O plano experimental dessa pesquisa é fatorial com duas variáveis de influência e apenas uma característica de interesse que será monitorada ao longo do processo, de acordo com a figura 11.



(fonte: elaborado pela autora)

As variáveis independentes são o tipo de tratamento superficial e o tempo de limpeza. A variável tratamento superficial possui seis níveis, abaixo citados:

- a) sem tratamento;
- b) hidrofugante;
- c) cera;
- d) verniz;
- e) produto à base de ácido fosfórico;
- f) produto à base de ácido clorídrico.

A variável tempo de limpeza – tempo entre aplicação da argamassa de rejuntamento nas juntas e limpeza das placas cerâmicas – possui dois níveis, 15 min e 40 min, definidos em função das recomendações do fabricante da placa cerâmica para revestimento e do fabricante da argamassa de rejuntamento, respectivamente.

A medição da variável de resposta tem por objetivo gerar um conjunto de dados que serão estatisticamente analisados com a finalidade de verificar a influência dos diferentes níveis das variáveis independentes e correlacioná-las, quando possível. Pretendendo analisar a alteração cromática gerada pela aplicação de diferentes tratamentos superficiais ao final do processo de rejuntamento, a única variável dependente dessa pesquisa é a variação de cor ( $\Delta E$ ).

Para realização dos ensaios, com três repetições, foram selecionadas 36 unidades de teste de forma aleatória e estratificada. Em função da cor da placa cerâmica comercializada (informação que será apresentada na caracterização da placa cerâmica – item 6.2.1), a característica solicitada na amostragem foi homogeneidade de cor ao longo da peça e placas de cor terracota. O quadro 5 apresenta a nomenclatura utilizada nas placas cerâmicas.

Quadro 5 – Nomenclatura das unidades de teste

Tempo (min)	Tratamento superficial					
	Referência (s/tratamento)	Hidrofugante	Cera	Verniz	Ácido fosfórico	Ácido clorídrico
15	R15	H15	C15	V15	L115	L215
40	R40	H40	C40	V40	L140	L240

(fonte: elaborado pela autora)

## 6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A seguir são apresentadas as características de cada material utilizado e as motivações que levaram à escolha por tais produtos. Parte das informações é de responsabilidade dos fabricantes e as demais caracterizações foram realizadas em laboratório durante a pesquisa.

### 6.2.1 Placa cerâmica

A placa cerâmica em questão foi caracterizada por meio de experimentos laboratoriais do ponto de vista de textura superficial, cor e absorção de água superficial. Para essas caracterizações, foi utilizada uma amostra composta por 42 unidades experimentais e os valores extremos foram eliminados pelo teste de Grubbs<sup>15</sup>, com nível de significância de 5%, além dos valores que foram eliminados no próprio ensaio. Tais resultados são apresentados nesse item, no entanto, as metodologias empregadas para sua obtenção são explicadas no item 6.3 – Ensaio. As informações fornecidas pelo fabricante são apresentadas no quadro 6.

Quadro 6 – Características da placa cerâmica

Nome comercial	Placa extrudada com superfície rústica.
Aplicação	Residências, áreas comerciais, fachadas e ambientes internos.
Tipo de moldagem	Extrudadas (A)
Acabamento superficial	Esmaltada (GL)
Resistência a manchas	Classe 1
Grupo de absorção	A1a (< 3%)
Abrasão PEI	0
Cor	<i>oxford</i>
Tamanho	240 mm x 54 mm x 9 mm
Observação	Fabricação pelo processo de monoqueima, com garras prismáticas de fixação.

(fonte: fabricante da placa cerâmica<sup>16</sup>)

<sup>15</sup> Teste estatístico no qual se divide a diferença entre valor coletado e o valor da média amostral pelo desvio padrão amostral. Se o valor dessa razão for maior que o valor crítico (que depende do tamanho da amostra e do nível de significância adotado) trata-se de um valor espúrio.

<sup>16</sup> Por questões éticas, o nome dos fabricantes dos produtos permanecerá em sigilo.

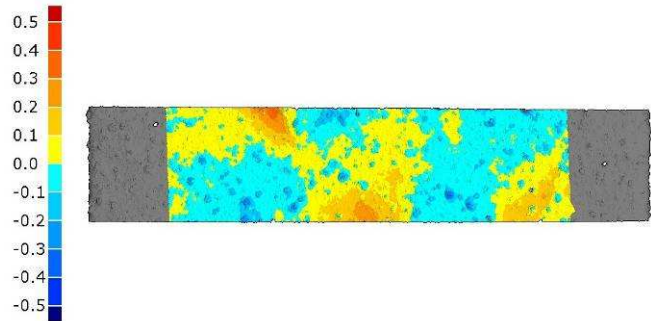
Do ponto de vista de textura superficial, a placa foi caracterizada qualitativamente, através de digitalização tridimensional a laser, que mostra as ondulações presentes na superfície da peça (figuras 12 e 13), e quantitativamente com os valores de rugosidade apresentados na tabela 3.

Figura 12 – Imagem digitalizada da placa cerâmica



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 13 – Comparação da imagem digitalizada com um plano liso



(fonte: elaborado pela autora)

A figura 13 tem por objetivo demonstrar os picos e vales presentes no mesmo trecho demonstrado na figura 12, a partir do mapeamento dos desvios em relação a uma superfície perfeitamente lisa. A partir da imagem, pode-se observar que os desvios máximos estão em uma faixa entre  $\pm 0,3$  mm e  $\pm 0,4$  mm, aproximadamente, de distância do plano. Nessa imagem, os pontos positivos e negativos representam as reentrâncias e as saliências da superfície, respectivamente, e a interface entre azul e amarelo representa os pontos que fazem parte da superfície lisa.

Tabela 3 –Rugosidade média (Ra) da placa cerâmica

Metodologia	Cutoff	Rugosidade média (Ra)	
		Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio padrão ( $\mu\text{m}$ )
Digitalização tridimensional	8,0 mm	39,35	4,92

(fonte: elaborado pela autora)

Por se tratar de um perfil aperiódico (ondulações não apresentam um padrão de repetição), utilizou-se o *cutoff* de 8 mm, como determinado pela ISO 4288 para valores de Ra maiores do que  $10 \mu\text{m}$  (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996). De acordo com os valores apresentados na pesquisa bibliográfica, trata-se de uma superfície

texturizada com rugosidades em nível macro somada à presença de ondulações (vales e picos). Os resultados completos de rugosidade são apresentados no apêndice A.

De acordo com a quantidade de água que uma superfície absorve, pode-se inferir sobre o nível de porosidade que ela apresenta. A tabela 4 apresenta o percentual, em média, correspondente à porosidade da placa cerâmica.

Tabela 4 – % de água absorvida em relação à massa da placa seca

<b>Tempo (min)</b>	<b>Média (%)</b>	<b>Desvio padrão (%)</b>
5	0,074	0,021
15	0,112	0,038
40	0,146	0,043
60	0,153	0,042
120	0,183	0,052

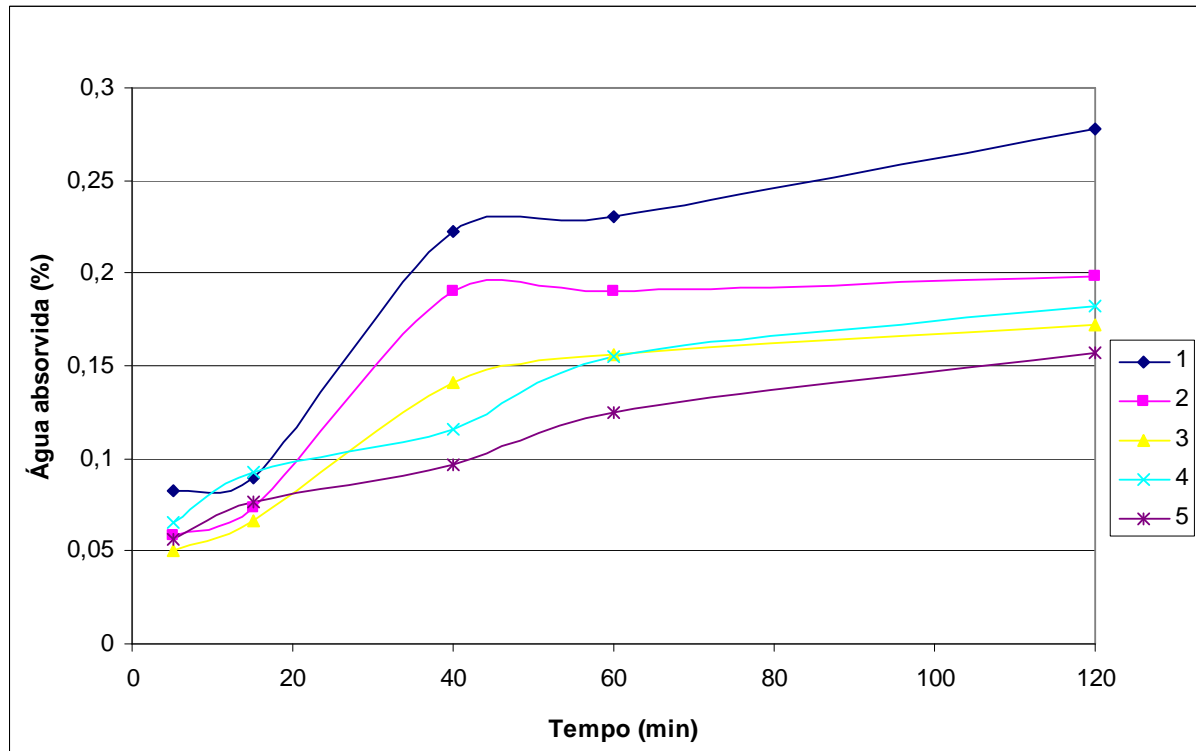
(fonte:elaborado pela autora)

Observando a figura 14, que mostra o % de absorção de água em relação à placa no estado seco para 5 unidades de teste ensaiadas em sequência, nota-se o acentuado aumento de absorção na primeira hora de ensaio e a redução de variação a partir da segunda hora, demonstrando uma tendência de saturação.

Com relação à cor das peças, as caixas não apresentam uniformidade de cor entre as peças. Observa-se que algumas peças apresentam variação de cor ao longo da superfície, variando de terracota<sup>17</sup> a preto, enquanto outras têm a coloração homoganeamente distribuída (figura 15).

<sup>17</sup> Terracota refere-se a objetos moldados em argila e cozidos em fornos. Do ponto de vista de cor, na língua inglesa define-se *terracotta* como vermelho acastanhado.

Figura 14 – % de absorção de água superficial ao longo do tempo em relação à massa seca da placa



(fonte: elaborado pela autora)

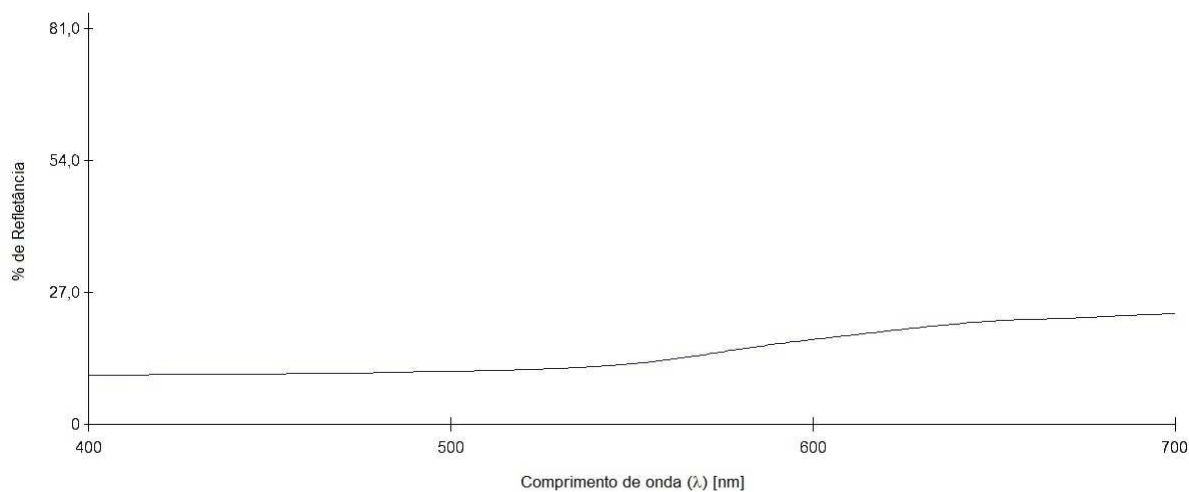
Figura 15 – Cor da placa cerâmica



(fonte: foto da autora)

O gráfico espectral (figura 16), representa a cor da superfície esmaltada de uma placa cerâmica. Pode-se observar que o maior nível de refletância está na faixa visível entre 600 e 700 nm, que representa a faixa entre as cores laranja e vermelho, confirmando a cor visualmente denominada de terracota.

Figura 16 – Curva de refletância espectral da superfície da placa cerâmica



(fonte: CYBERCHROME, 2006)

Os dados de cor, em função de valores dos parâmetros colorimétricos  $L^*a^*b^*$ , são apresentados na tabela 5 através da média e do desvio padrão de 126 pontos coletados. A tabela completa com os valores de todos os parâmetros é apresentada no apêndice A.

Tabela 5 – Parâmetros colorimétricos da superfície da placa cerâmica

Parâmetro colorimétrico	Média	Desvio padrão
$L^*$	42,55	1,00
$a^*$	10,40	0,47
$b^*$	8,91	0,41

(fonte: elaborado pela autora)

### 6.2.2 Argamassa de rejuntamento

A argamassa de rejuntamento, utilizada como agente manchante nessa pesquisa, é industrializada do tipo II, conforme NBR 14992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003), e que, portanto, possui aditivos em sua formulação, como explicado na revisão bibliográfica. As características da argamassa estão descritas no quadro 7 e no anexo A são apresentadas algumas informações contidas na FISPQ – Ficha de



Informações de Segurança de Produto Químico – do produto, sendo que todas essas informações são disponibilizadas pelo fabricante.

Quadro 7 – Características da argamassa de rejuntamento

Nome comercial	Rejuntamento cimentício colorido.
Aplicação	Cerâmicas e pedras naturais aplicadas em pisos, paredes e fachadas.
Composição	Cimento, agregados minerais, pigmentos inorgânicos, polímeros e aditivos químicos.
Densidade aparente	1,1 g/cm <sup>3</sup> a 1,5 g/cm <sup>3</sup>
Resistência à compressão	≥ 10 MPa
Resistência à flexão	≥ 3 MPa
Absorção de água por capilaridade	≤ 0,30 g/cm <sup>2</sup>
Permeabilidade	≤ 1 cm <sup>3</sup>
Cor	Cinza platina.
Preparo	Adicionar água limpa ao pó preparado (280 ml/kg) e misturar até homogeneizar. Deixar em repouso por 15 min e homogeneizar a mistura antes da aplicação.

(fonte: fabricante da argamassa de rejuntamento)<sup>18</sup>

O modo de preencher as juntas, recomendado pelo fabricante, consiste em:

- a) estender o produto com desempenadeira de borracha somente sobre a área a ser preenchida, pressionando-o para dentro das juntas;
- b) esperar entre 15 e 40 min e então remover o excesso de rejuntamento com esponja macia, úmida e limpa;
- c) a esponja deve ser lavada e torcida frequentemente em água limpa.

O fabricante ainda alerta, em seu manual, que rejuntamentos de cores contrastantes à cor da placa cerâmica podem provocar manchas na superfície, bem como o rejuntamento de revestimentos não-esmaltados, antiderrapantes, foscos, porosos, polidos e com texturas.

<sup>18</sup> Por questões éticas, o nome dos fabricantes dos produtos permanecerá em sigilo.

### 6.2.3 Hidrofugante

O produto hidrorrepelente escolhido para realização dessa pesquisa encontra-se no mercado da construção civil com o objetivo de proteger as cerâmicas de manchamentos por incrustações de argamassas de rejuntamento e, por esse motivo, foi o produto hidrofugante escolhido para essa pesquisa. No quadro 8 e no anexo A são descritas as características e algumas informações contidas na ficha de segurança do produto, respectivamente.

Quadro 8 – Características do hidrofugante

Nome comercial	Solução protetora.
Aplicação	Porcelanato, cerâmicas rústicas e cerâmicas antiderrapantes.
Composição	Resina de silicone, conservante, água.
Rendimento	5 a 10 m <sup>2</sup> /litro.
Preparo	Produto vem pronto para uso.
Modo de aplicação	Aplicação com pano limpo umedecido com o produto.
Observação	Evitar a penetração do produto nas juntas, ou seja, deve ser aplicado apenas na superfície do revestimento.

(fonte: fabricante do hidrofugante)<sup>19</sup>

### 6.2.4 Cera

A cera utilizada nessa pesquisa foi escolhida em função deste material ser empregado por algumas construtoras para proteção da superfície de placas cerâmicas, conforme informações obtidas em conversas com profissional da área da construção civil que possui experiência na execução de revestimento cerâmico com característica semelhante ao revestimento abordado nessa pesquisa. No quadro 9 e no anexo A são apresentadas as características do produto fornecidas pelo fabricante.

<sup>19</sup> Por questões éticas, o nome dos fabricantes dos produtos permanecerá em sigilo.

Quadro 9 – Características da cera

Nome comercial	Cera incolor com cera natural de carnaúba.
Aplicação	Lajotas, ladrilhos, mármore, cerâmicas, assoalho com sinteco.
Composição	Carnaúba, cera polietileno, parafina, cera microcristalina, solventes alifáticos, emulsificante, água, coadjuvantes, conservante, fragrância e óleo de pinho.
Rendimento	Não informado.
Preparo	Produto vem pronto para uso.
Modo de aplicação	Aplicação com pano umedecido com água em sentido circular. Esperar secar e lustrar com enceradeira ou pano úmido.

(fonte: fabricante da cera)<sup>20</sup>

### 6.2.5 Verniz

O produto com comportamento similar a de um impermeabilizante utilizado nessa pesquisa é um verniz de base acrílica, cujas características estão apontadas no quadro 10. A decisão de ensaiar um produto de base acrílica justifica-se por ser a composição indicada para aplicação em produtos cerâmicos. Outras características do produto estão descritas no anexo A.

Quadro 10 – Características do verniz

Nome comercial	Resina acrílica para uso em pedras.
Aplicação	Materiais cerâmicos.
Composição	Resina acrílica, aditivos, hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos. Teor de benzeno menor que 0,1%.
Rendimento	60 m <sup>2</sup> /demão.
Preparo	Produto vem pronto para uso.
Modo de aplicação	Aplicação com pincel ou rolo.
Observação	Acabamento de alto brilho e alto poder de impermeabilização.

(fonte: fabricante do verniz)<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Por questões éticas, o nome dos fabricantes dos produtos permanecerá em sigilo.

<sup>21</sup> Idem.

### 6.2.6 Produto desincrustante à base de ácido fosfórico

Esse produto foi escolhido por ser o desincrustante recomendado pelo fabricante da argamassa de rejuntamento utilizada na pesquisa. No quadro 11 e no anexo A, as características do produto.

Quadro 11 – Características do produto à base de ácido fosfórico

Nome comercial	Detergente desincrustante ácido.
Aplicação	Revestimentos cerâmicos, porcelanatos, mármore e granitos.
Composição	Ácido fosfórico, acidulante, tensoativo não iônico e água.
Rendimento	Não informado.
Preparo	Aplicar puro (limpeza pesada) ou diluir em água na proporção 1:2, no caso de limpeza média e 1:5 para limpeza leve.
Modo de aplicação	Molhar bem a área atingida e aplicar a solução esfregando com escova ou vassoura. Deixar agir por 5 a 10 min e enxaguar abundantemente.
Observações	Produto desincrustante para limpeza de resíduos de argamassa de cimento sobre revestimentos cerâmicos. Aplicar após 72h de cura do rejunte.

(fonte: fabricante do produto à base de ácido fosfórico)<sup>22</sup>

### 6.2.7 Produto desincrustante à base de ácido clorídrico

O produto desincrustante à base de ácido clorídrico é indicado pelo fabricante das placas cerâmicas utilizadas nesse estudo para remoção dos resíduos de argamassa de rejuntamento. As informações obtidas com o fabricante são apresentadas no quadro 12 e no anexo A.

<sup>22</sup> Por questões éticas, o nome dos fabricantes dos produtos permanecerá em sigilo.

Quadro 12 – Características do produto à base de ácido clorídrico

Nome comercial	Detergente desincrustante ácido.
Aplicação	Revestimentos cerâmicos.
Composição	Ácido clorídrico (12%), álcool láurico etoxilado, amina graxa etoxilada, corante e veículo.
Rendimento	Não informado.
Preparo	Aplicar puro ou diluir em água até a proporção de 1:10. Dependendo do grau de incrustação.
Modo de aplicação	Deixar reagir por alguns minutos e esfregar, se necessário. Enxaguar abundantemente com água, até remoção total do produto.
Observações	Utilizado para desincrustações químicas, especialmente os alcalinos terrosos, age rapidamente sobre carbonatos com mínimo ataque às superfícies cerâmicas.

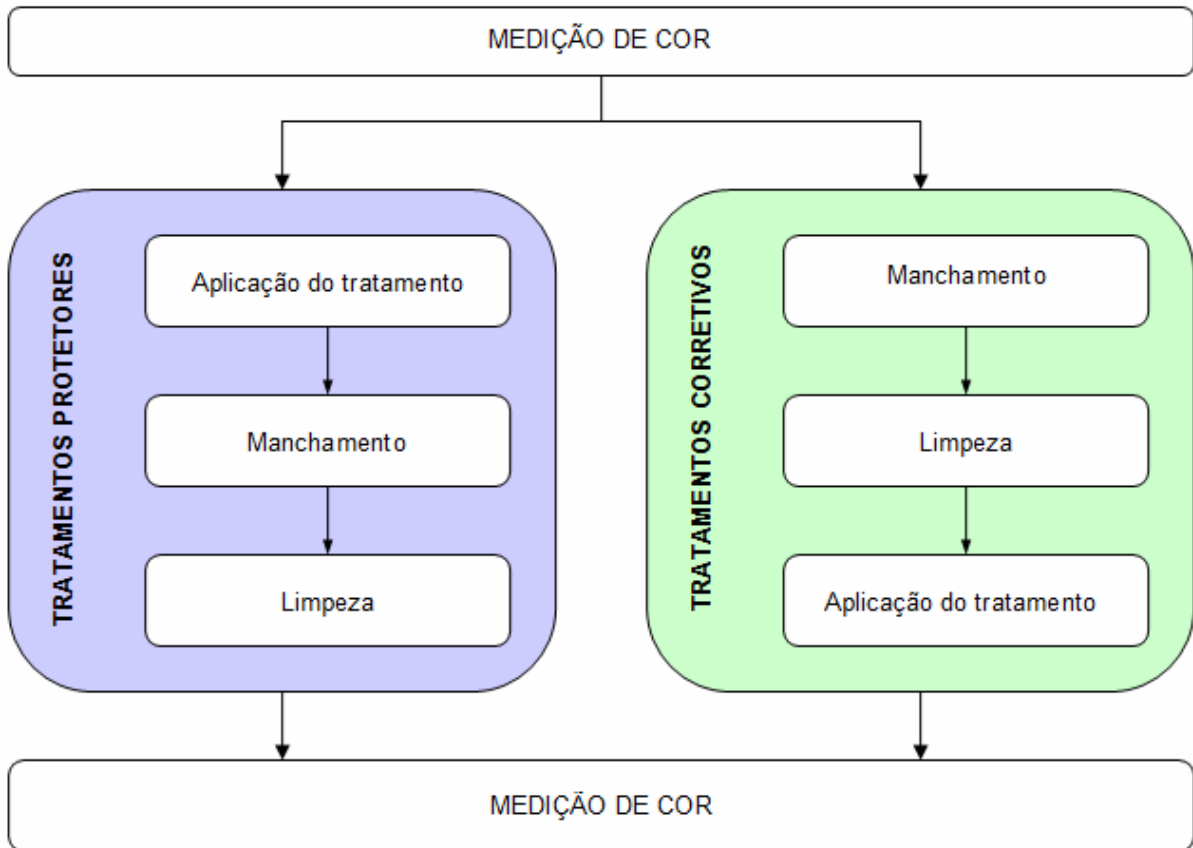
(fonte: fabricante do produto à base de ácido clorídrico)

### 6.3 ENSAIOS

Os experimentos foram realizados em laboratório com condições ambientais controladas, quando necessário, e com auxílio de equipamentos aferidos e calibrados. Sendo a variação de cor a característica de interesse, as superfícies das placas cerâmicas passaram por procedimentos entre as medições de cor. Em função da variável tratamento superficial ter períodos de aplicação diferentes dentro do processo da etapa construtiva (os protetores são aplicados antes e os corretivos são aplicados após o rejuntamento, respectivamente), seguiu-se a ordem de execução do fluxograma demonstrado na figura 17.

Os procedimentos de manchamento da superfície da placa cerâmica com argamassa de rejuntamento, bem como os procedimentos de limpeza, são detalhados nos subitens 6.3.1.1 e 6.3.1.2, respectivamente.

Figura 17 – Fluxograma das etapas de trabalho



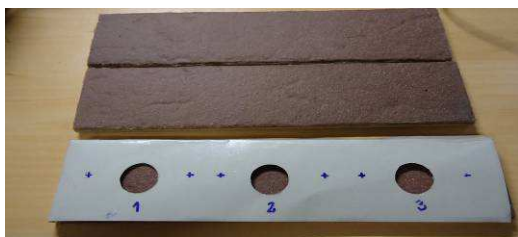
(fonte: elaborado pela autora)

### 6.3.1 Medição de cor

O ensaio de análise colorimétrica foi realizado com o intuito de verificar a variação de cor em função da variação dos níveis dos fatores de controle. Para tanto, foram realizados três medições em cada unidade de teste com auxílio de um gabarito formatado com pontos de medição equidistantes, como ilustrado na figura 18. Além disso, o gabarito garante a medição do mesmo ponto nas várias fases do processo. Com isso, foram obtidos nove dados para cada nível das variáveis independentes.

O equipamento utilizado na medição colorimétrica foi um espectrofotômetro modelo CM-2500d, da marca Konica-Minolta (figura 19). O equipamento foi configurado para um observador à 10° e fonte de iluminação D<sub>65</sub>, de acordo com as informações obtidas na revisão bibliográfica. O sistema utilizado na obtenção dos dados cromáticos foi o CIE L\*a\*b\*, através do *software Cyberchrome OnColor*, que acompanha o equipamento utilizado.

Figura 18 – Gabarito utilizado para medição de cor



(fonte: foto da autora)

Figura 19 – Vista geral da realização do ensaio com espectrofotômetro



(fonte: foto da autora)

Nos próximos itens são apresentados os procedimentos de aplicação dos tratamentos superficiais e de manchamento das placas cerâmicas, realizados entre as medições de cor.

#### 6.3.1.1 Procedimentos de aplicação dos tratamentos superficiais

A aplicação dos produtos que, nesse trabalho, originam os tratamentos superficiais, em geral, obedeceu às recomendações dos fabricantes. Abaixo são descritos os procedimentos empregados nessa etapa.

O produto hidrofugante foi aplicado nas placas com pano seco em duas demãos, sem diluição, sendo que a segunda demão ocorreu duas horas após a primeira, como recomendado pelo fabricante. Depois da secagem das unidades teste, observou-se a presença de resíduos do pano utilizado no espalhamento do produto sobre as placas, devido à elevada textura das placas. Com esse fato, o produto ficou visivelmente mal distribuído, o que foi observado por algumas manchas com a coloração do produto e que apresentavam o sentido de aplicação. Assim, optou-se por aplicar esse produto com espuma<sup>23</sup> (a mesma utilizada para a limpeza das placas cerâmicas após a etapa de rejuntamento).

Na aplicação de cera, a metodologia empregada foi a recomendada pelo fabricante, com pano seco. No entanto, optou-se por não realizar o polimento recomendado por ser uma etapa pouco viável nas circunstâncias de uma obra convencional e por não ser o propósito nessa pesquisa. No entanto, a utilização do pano gerou o excesso de impregnação do material e espalhamento não constante, como mostra a figura 20.

<sup>23</sup> Espuma poliéster, densidade 18, utilizada para limpeza de placas cerâmicas e acabamento de revestimentos de argamassa.

Figura 20 – Aspecto da aplicação de cera com pano e sem polimento



(fonte: foto da autora)

Da mesma forma que o hidrofugante, optou-se, também, pela aplicação com espuma, nesse caso, em movimentos circulares de forma a garantir o perfeito espalhamento do produto. Mas mesmo assim, como as cores da cera e da placa podem ser contratantes, deve-se cuidar para não exceder a capacidade de tamponamento dos poros superficiais, ocasionando incrustação por excesso de material e, por consequência, o manchamento apresentado na figura 20. O consumo ideal está entre 0,05 g e 0,08 g de cera aplicada.

O verniz foi aplicado com pincel em uma única demão em função do produto ter um alto poder de aderência e formação de película sobre a superfície dos materiais. Sendo assim, não seria economicamente atrativo aplicar mais de uma demão desse produto para resolver a problemática em questão.

No quadro 13 pode-se observar o aspecto visual da superfície das placas cerâmicas tratadas com produtos protetores em relação às placas de referência.

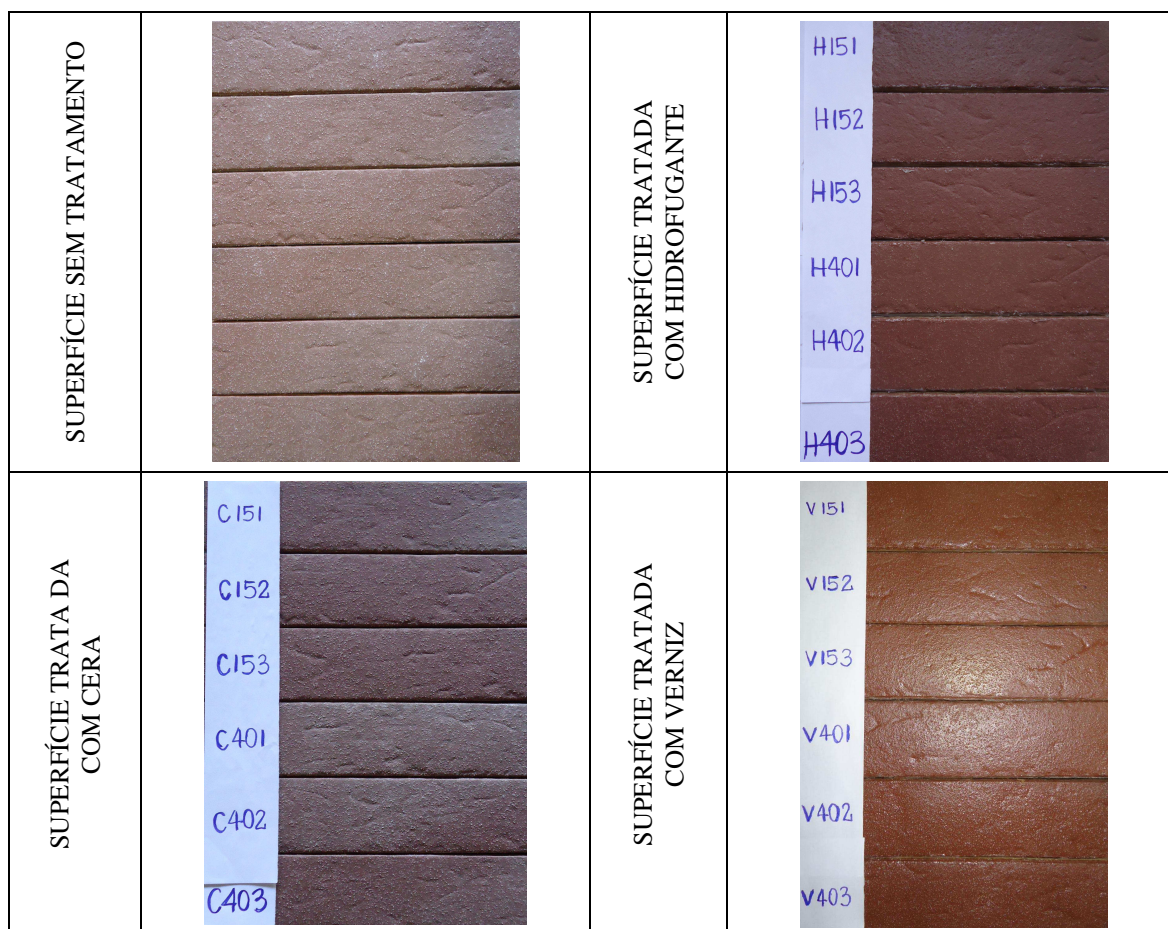
O produto desincrustante à base de ácido fosfórico foi diluído na proporção 1:2, considerando o nível de incrustação médio, e aplicado sobre a superfície com leve escovação para espalhar o líquido sobre a placa. Antes de lavar abundantemente, as placas ficaram em repouso por 5 min, como recomendado pelo fabricante.

A aplicação do produto desincrustante à base de ácido clorídrico seguiu os mesmos protocolos da aplicação do produto à base de ácido fosfórico. A única diferenciação foi quanto à diluição, que foi na proporção de 1:3, por ser a mais empregada nas obras.

As placas que passaram por tratamentos corretivos não foram saturadas anteriormente e a aplicação dos produtos foi feita após 72 h do manchamento com argamassa de rejuntamento.



Quadro 13 – Aspecto das superfícies das placas cerâmicas tratadas

(fonte: fotos da autora)<sup>24</sup>

Com a finalidade de realizar uma comparação de forma mais igualitária entre os tratamentos corretivos e protetores, optou-se por fazer uma etapa a mais de lavagem em água abundante por 2 min das unidades de teste tratadas com produtos protetores.

### 6.3.1.2 Procedimento de manchamento e limpeza da superfície das placas cerâmicas

A argamassa de rejuntamento foi preparada de acordo com o fabricante e aplicada sobre a superfície das placas cerâmicas com auxílio de uma espátula (figura 21), de maneira a formar uma película sobre a superfície como ocorre, muitas vezes, durante execução na fase de obra. Nas placas cerâmicas em que foram aplicados os tratamentos protetores, o manchamento foi aplicado 72 h após a aplicação do tratamento superficial. Nos tempos determinados procedeu-se a limpeza com bloco de espuma (figura 22), que foi lavado sempre que se apresentava sujo.

<sup>24</sup> Por falta de local adequado, as placas foram fotografadas em diferentes condições de iluminação, não colaborando para a interpretação.

Figura 21 – Manchamento da superfície da placa cerâmica com argamassa de rejuntamento



(fonte: foto da autora)

Figura 22 – Limpeza da superfície da placa cerâmica



(fonte: foto da autora)

No quadro 14, o aspecto das placas cerâmicas após todos os procedimentos.

Quadro 14 – Aspecto das superfícies das placas cerâmicas ao final dos procedimentos

SUPERFÍCIE SEM TRATAMENTO	R151 R152 R153 R401 R402 R403		SUPERFÍCIE TRATADA COM HIDROFUGANTE	H151 H152 H153 H401 H402 H403	
SUPERFÍCIE TRATA DA COM CERA	C151 C152 C153 C401 C402 C403		SUPERFÍCIE TRATADA COM VERNIZ	V151 V152 V153 V401 V402 V403	
SUPERFÍCIE TRATA DA COM ÁCIDO FOSFÓRICO	L1151 L1152 L1153 L1401 L1402 L1403		SUPERFÍCIE TRATADA COM ÁCIDO CLORÍDRICO	L2151 L2152 L2153 L2401 L2402 L2403	

(fonte: fotos da autora)

### 6.3.2 Absorção de água superficial

No ensaio de absorção de água superficial, apenas a superfície esmaltada ficou em contato com a água, uma vez que as laterais da placa foram seladas. O ensaio consistiu em verificar a variação de massa das placas depois de permanecerem em contato com uma lâmina de água por tempo suficiente para saturação de água pelos poros superficiais e, portanto, estabilização da massa.

As placas permaneceram imersas em lâmina de água de aproximadamente 2 mm (figura 23) em ambiente com temperatura na faixa de  $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $70\% \pm 5\%$ . As medições de massa foram realizadas nos tempos 0, 5, 15, 40, 60 e 120 min (figura 24) através de uma balança com precisão de 0,1 g.

Figura 23 – Placas em contato com lâmina de água



(fonte: foto da autora)

Figura 24 – Medição da massa das placas



(fonte: foto da autora)

### 6.3.3 Textura superficial

A textura superficial da placa foi mapeada através de digitalização a laser, em *scanner* da marca Tecnodrill, modelo Digimill (figura 25) disponível no LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O cabeçote com laser equipado com lente de 25 mm e acoplado a uma máquina tipo fresadora CNC, passa a mapear o substrato do objeto registrando os pontos x, y e z (onde z corresponde a ondulação da superfície), sendo que a malha de pontos escolhida foi de 0,03 mm x 0,03 mm. Esses pontos foram processados no *software Geomagic Studio* e transformados em imagens tridimensionais.

A partir da digitalização 6 linhas de 54 mm foram escolhidas para quantificar a rugosidade média (Ra) da superfície, através de um *software* desenvolvido por Silva (2006) no LdSM.

Figura 25 – *Scanner* tridimensional a laser



(fonte: foto da autora)

## 7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os tratamentos estatísticos realizados nos dados para obtenção dos resultados, bem como a apresentação e análise desses resultados.

### 7.1 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados coletados durante os ensaios (parâmetros colorimétricos) passaram por análise de constatação de valores extremos (*outliers*), através do teste de Grubbs, com nível de significância de 5%. Além disso, sempre que se constatou algum erro ao longo do processo de experimentos, os dados equivalentes também foram excluídos. Também com 5% de significância, a aleatoriedade das medições foi comprovada através de um teste de seqüência dicotômica dos valores acima (sinal +) ou abaixo (sinal -) da mediana.

Os valores de variação colorimétrica ( $\Delta E^*$ ) foram obtidos a partir da fórmula apresentada no capítulo 4 – Fundamentos de colorimetria. Tais valores também passaram pelo teste de valores extremos (teste de Grubs) e a normalidade dos valores foi constatada através do teste de Anderson-Darling, ambos com nível de significância de 5%.

### 7.2 VARIAÇÃO CROMÁTICA

A tabela 6 apresenta os dados já tratados para a variação colorimétrica das placas cerâmicas ao longo do processo de execução do revestimento cerâmico, ou seja, entre placas no estado original e ao final, após execução do manchamento com argamassa de rejuntamento.

Tabela 6 – Variação cromática total das placas cerâmicas

TEMPO DE LIMPEZA	TRATAMENTO SUPERFICIAL																					
	Sem tratamento						TRATAMENTOS PROTETORES						TRATAMENTOS CORRETIVOS									
	Hidrotugante		Cera		Verniz		Ácido fosfórico		Ácido clorídrico		Hidrotugante		Cera		Verniz		Ácido fosfórico		Ácido clorídrico			
ΔE	Média	Desvio padrão	ΔE	Média	Desvio padrão	ΔE	Média	Desvio padrão	ΔE	Média	Desvio padrão	ΔE	Média	Desvio padrão	ΔE	Média	Desvio padrão	ΔE	Média	Desvio padrão		
15 min	6,265	5,579	1,795	0,694	1,725	1,101	0,126	0,625	0,319	2,065	0,483	0,496	0,606	0,222	0,516	0,432	0,225	0,468	0,223	0,287		
	5,930			2,066			0,389					2,186			0,622			0,218			0,287	
	8,151			2,245			0,944					0,567			0,449			0,418			-	0,689
	6,942			1,709			0,378					1,739			0,745			0,820			0,689	
	4,022			1,961			0,906					1,523			0,802			0,223			0,432	
	2,228	2,303	0,413	0,983	0,287	0,287	0,287	0,287														
	4,541	1,591	0,567	1,739	0,449	-	0,689															
	6,932	0,721	0,931	1,523	0,745	0,689	0,689															
	5,198	0,767	0,983	3,089	0,802	0,287	0,287															
	3,692	3,021	2,969	1,828	1,179	0,512	0,512															
2,646	2,977	1,787	1,975	0,427	1,029	1,029																
4,586	2,763	0,902	2,825	0,271	0,499	0,499																
6,095	2,398	3,426	2,594	0,098	0,379	0,379																
6,592	2,098	2,472	2,165	0,986	0,386	0,386																
5,438	1,499	2,158	2,555	0,221	0,797	0,797																
7,349	1,429	0,561	2,057	1,126	0,895	0,895																
5,123	2,248	2,142	1,710	0,184	0,639	0,639																
6,720	2,520	2,211	2,861	0,268	1,133	1,133																
40 min	1,528	5,360	0,580	2,328	2,070	0,906	2,285	0,432	0,986	0,529	0,438	0,386	0,696	0,279								

(fonte: elaborado pela autora)

No caso dos tratamentos protetores foi necessário analisar os valores parciais de variação de cor, já que alguns tratamentos causam alteração de cor pela simples aplicação. Dessa forma, a tabela 7 apresenta os dados de variação de cor devido à **aplicação do tratamento**.

Tabela 7 – Variação cromática parcial das placas cerâmicas: devido aos tratamentos protetores

TEMPO DE LIMPEZA	TRATAMENTO SUPERFICIAL								
	TRATAMENTOS PROTETORES								
	Hidrofugante			Cera			Verniz		
	$\Delta E$	Média	Desvio padrão	$\Delta E$	Média	Desvio padrão	$\Delta E$	Média	Desvio padrão
15 min	3,389	3,562	0,370	0,590	2,120	1,581	-	2,382	0,356
	3,698			0,810			2,290		
	3,548			1,143			2,444		
	-			3,838			1,952		
	3,960			3,273			2,280		
	3,595			2,038			2,547		
	2,987			0,724			2,024		
	4,109			1,627			2,411		
	3,215			5,036			3,107		
40 min	3,584	3,779	0,332	1,270	1,799	1,070	2,030	2,521	0,593
	4,442			2,772			1,938		
	3,666			3,406			3,796		
	3,945			0,803			3,101		
	3,986			3,209			2,434		
	3,575			0,434			2,365		
	3,944			1,197			2,416		
	3,351			1,424			2,567		
	3,516			1,679			2,045		

(fonte: elaborado pela autora)

A tabela 8 apresenta os valores desconsiderando a variação de cor provocada pela simples aplicação do tratamento, ou seja, representa a diferença de cor entre o final do processo e a etapa intermediária em que as placas estão tratadas superficialmente.

Tabela 8 – Variação cromática parcial das placas: entre aplicação de tratamento e após a limpeza

TEMPO DE LIMPEZA	TRATAMENTO SUPERFICIAL								
	TRATAMENTOS PROTETORES								
	Hidrofugante			Cera			Verniz		
	$\Delta E$	Média	Desvio padrão	$\Delta E$	Média	Desvio padrão	$\Delta E$	Média	Desvio padrão
15 min	2,745	2,729	1,230	0,588	2,079	1,472	0,227	0,329	0,157
	2,025			0,478			0,418		
	2,573			1,921			0,200		
	1,922			3,627			0,303		
	1,179			4,015			0,398		
	1,460			1,695			0,524		
	4,293			1,112			0,493		
	4,536			1,109			-		
	3,831			4,168			0,069		
40 min	0,590	1,481	0,624	3,330	3,162	1,577	0,579	0,968	0,491
	1,482			4,379			1,501		
	0,932			4,129			1,670		
	1,592			3,666			0,782		
	1,956			5,562			0,631		
	2,093			1,889			0,342		
	2,523			1,421			0,776		
	1,115			3,508			1,602		
	1,046			0,578			0,824		

(fonte: elaborado pela autora)

Na tabela 9 são apresentados os valores de variação cromática considerando o acréscimo da etapa de lavagem das placas cerâmicas que receberam tratamentos protetores, ao final do processo. Os parâmetros colorimétricos são apresentados detalhadamente no apêndice A.



Tabela 9 – Variação cromática total das placas cerâmicas após lavagem

TEMPO DE LIMPEZA	TRATAMENTO SUPERFICIAL								
	TRATAMENTOS PROTETORES								
	Hidrofugante			Cera			Verniz		
	$\Delta E$	Média	Desvio padrão	$\Delta E$	Média	Desvio padrão	$\Delta E$	Média	Desvio padrão
15 min	1,800	1,895	0,950	0,261	0,632	0,461	-	1,879	0,423
	1,455			1,151			1,874		
	1,153			0,769			1,722		
	3,668			0,102			1,627		
	3,073			1,513			2,042		
	2,365			0,604			1,870		
	1,518			0,232			1,446		
	1,071			0,390			1,627		
	0,949			0,661			2,820		
40 min	2,397	1,455	0,552	2,435	1,564	0,813	1,975	2,438	0,566
	2,144			1,197			1,755		
	1,555			0,782			3,025		
	1,127			2,319			3,191		
	1,082			2,680			2,017		
	0,974			0,696			2,281		
	0,703			0,543			2,664		
	1,515			1,462			3,113		
	1,593			1,964			1,922		

(fonte: elaborado pela autora)

### 7.2.1 Análise de variância (ANOVA)

As variações de cor ( $\Delta E^*$ ) foram analisadas através de uma ANOVA de dois fatores, ao nível de significância de 5%, para os resultados apresentados no sub capítulo anterior.

Analisando a variação de cor ( $\Delta E^*$ ) entre o início (placas no estado natural) e o final do processo (sistema de revestimento pronto para início da vida útil), observou-se que, estatisticamente, as variáveis tempo de limpeza e tratamento superficial, isoladamente, foram significativas para a alteração cromática. Já a interação entre esses fatores não se apresentou significativa, ou seja, não há interferência da variável tratamento superficial no

comportamento da variável tempo de limpeza. Tais resultados estão apresentados de forma resumida na tabela 10.

Tabela 10 – Resultados da análise de variância para variação cromática total

Fatores		SQ	Graus de liberdade	MQ	F (calc)	F (5%)	p-valor	Efeito
A	Tempo de limpeza	3,67	1	3,67	4,92	~ 3,92	0,0290	S
B	Tratamento	296,55	5	59,31	79,37	~ 2,30	0,0000	S
AB	Tempo x Tratamento	8,03	5	1,61	2,15	~ 2,30	0,0663	NS
R	Erro	70,24	94	0,75	-	-	-	-

SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio

F (calc): F calculado; F (5%): valor da distribuição F para o nível de significância de 5%

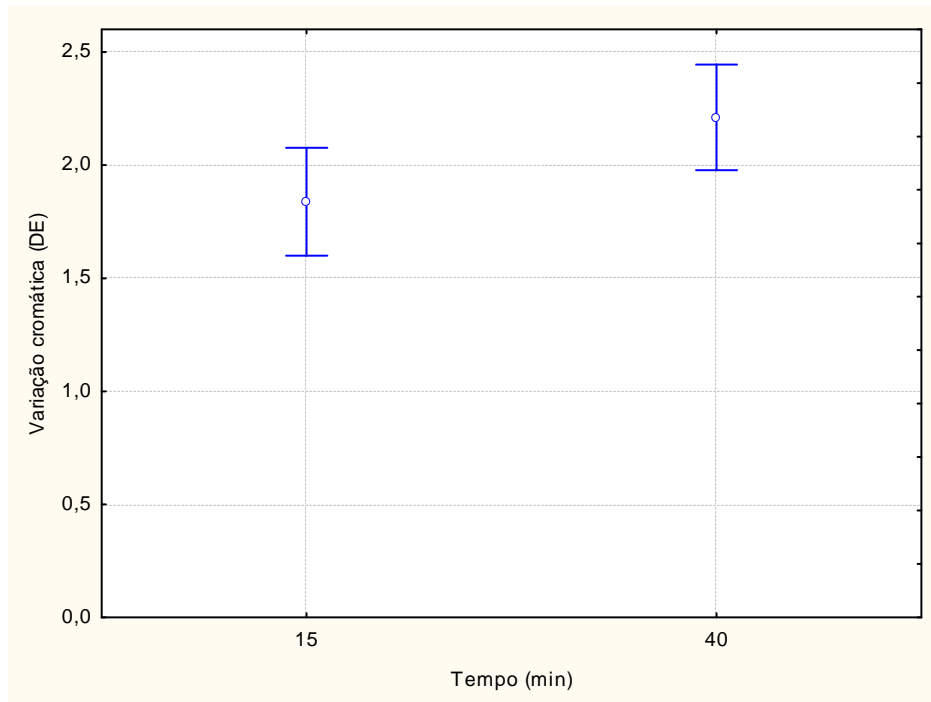
p-valor: probabilidade do efeito do fator sobre a variável de resposta ser devido ao acaso

S: significativo; NS: não significativo

(fonte: elaborado pela autora)

A análise de variância demonstra que a variável de resposta depende dos fatores tratamento superficial e tempo de limpeza. Para o fator tempo de limpeza, os melhores resultados de variação cromática foram verificados para o tempo de limpeza de 15 minutos, como esperado para as características dessa placa cerâmica (figura 26), pois quanto antes ocorrer a limpeza da superfície de uma placa cerâmica com o nível de rugosidade apresentado, menor o risco de ocorrência de manchamento de caráter permanente.

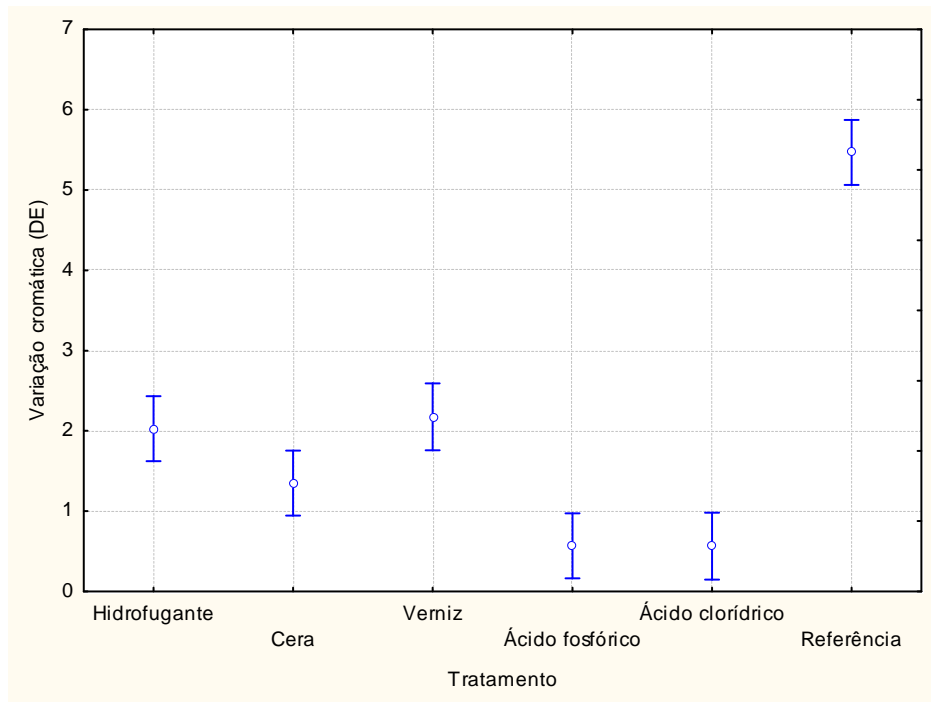
Figura 26 – Análise de variância para o fator tempo de limpeza



(fonte: elaborado pela autora)

Dentre os tratamentos superficiais estudados, os que apresentaram menor alteração de cor ao final do processo, em relação à placa no estado original, foram os tratamentos corretivos, seguido da aplicação de cera, hidrofugante e verniz (figura 27). Cabe ressaltar que o uso de produtos de base ácida deve ser realizado apenas após a saturação com água da superfície das placas cerâmicas, pois o contrário pode resultar em manifestações patológicas ao longo da vida útil do sistema. Considerando que entre os dois produtos utilizados apenas um recomendava tal técnica, verifica-se uma grande chance de infiltração de produto químico nos poros superficiais, que talvez não saiam com a lavagem, e que, portanto, podem causar o aparecimento de eflorescências ao longo do tempo. Em algumas obras o uso inadequado desses produtos é bastante comum.

Figura 27 – Análise de variância para o fator tratamento superficial relacionada à variação cromática total



(fonte: elaborado pela autora)

Nos quadros 15 e 16, um paralelo da variação de cor ( $\Delta E^*$ ) com a percepção do olho humano, conforme a indústria de tintas, para os tempos de limpeza de 15 e de 40 minutos, respectivamente. Para tal análise, optou-se por avaliar as variações cromáticas mínimas e máximas que cada tratamento apresentou.

Quadro 15 – Percepção da  $\Delta E^*$  ao final do processo de rejuntamento para o tempo de limpeza de 15 min

Tratamento	$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
Hidrofugante	0,694 – 3,875	Pequena à facilmente distinguível
Cera	0,126 – 0,983	Imperceptível à pequena
Verniz	1,523 – 3,089	Distinguível
Ácido fosfórico	0,335 – 1,046	Muito pequena à pequena
Ácido clorídrico	0,218 – 0,820	Muito pequena à pequena
Referência	2,228 – 8,151	Distinguível à grande

(fonte: elaborado pela autora)

Observa-se que ao tempo de limpeza de 15 minutos, as maiores percepções de alteração são apresentadas quando nenhum tipo de tratamento é realizado sobre a superfície das placas, ou seja, processo tradicional de execução do sistema, e quando o verniz é utilizado, acrescentando brilho à superfície da placa, como será discutido posteriormente.

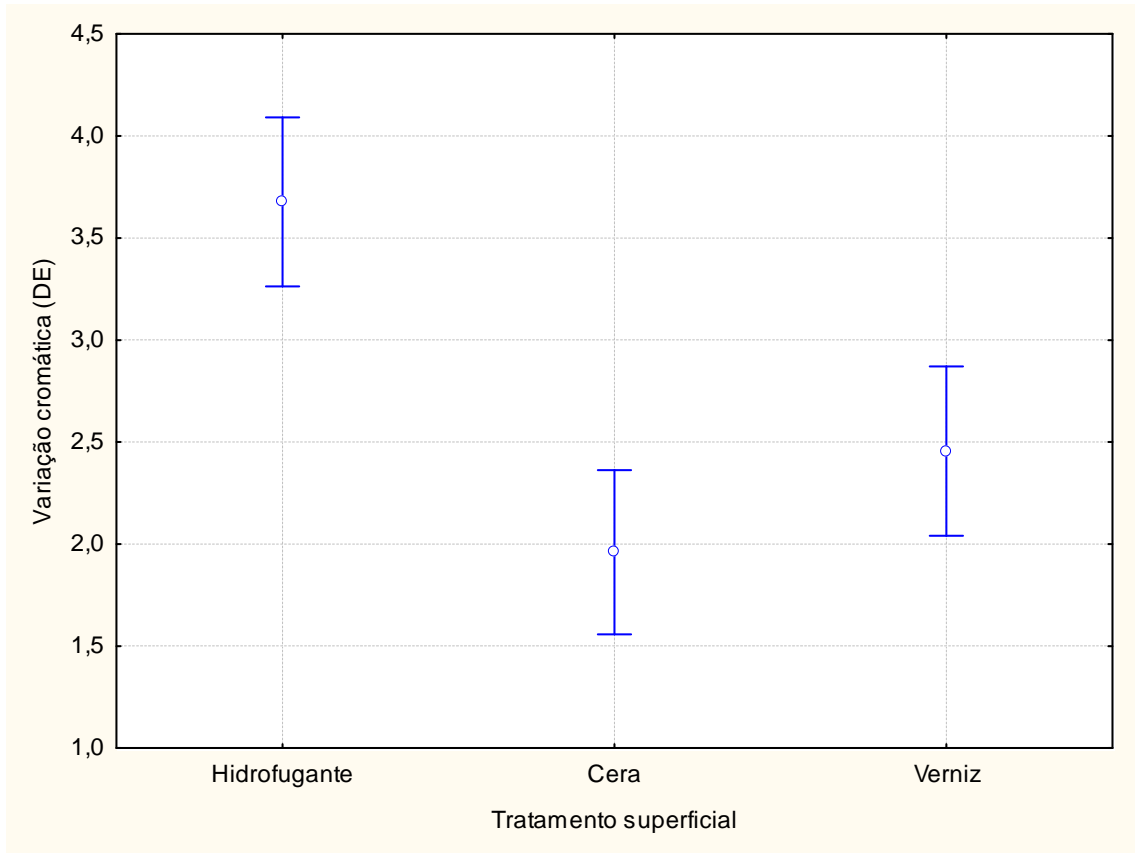
Quadro 16 – Percepção da  $\Delta E^*$  ao final do processo de rejuntamento para o tempo de limpeza de 40 min

<b>Tratamento</b>	<b><math>\Delta E^*</math></b>	<b>Percepção da diferença de cor</b>
Hidrofugante	1,429 – 3,021	Pequena à distinguível
Cera	0,561 – 3,426	Pequena à facilmente distinguível
Verniz	1,710 – 2,861	Distinguível
Ácido fosfórico	0,098 – 1,179	Imperceptível à pequena
Ácido clorídrico	0,379 – 1,133	Muito pequena à pequena
Referência	2,646 – 7,349	Distinguível à grande

(fonte: elaborado pela autora)

Quando o tempo de limpeza ocorre após 40 minutos da aplicação da argamassa, apenas a cera passa a apresentar comportamento pior do que aos 15 minutos de limpeza, com variação da percepção de cor consideravelmente maior. Com relação aos tratamentos protetores, sabe-se que eles podem alterar a coloração original da placa. Caso essa alteração ocorra de maneira uniforme, representa um comportamento que não pode ser considerado de todo maléfico. A figura 28 demonstra a alteração de cor decorrente apenas da aplicação dos produtos que tem a função de proteger a superfície.

Figura 28 – Análise de variância para o fator tratamento superficial relacionada à variação cromática devido aos tratamentos protetores



(fonte: elaborado pela autora)

Nota-se, através dos parâmetros colorimétricos (tabela 11), que a aplicação de hidrofugante acentuou a cor vermelha da peça. O verniz escureceu a placa, já que a película fez com que a superfície passasse de rugosa (nível de refletância difusa) à lisa (nível de refletância regular), mesmo que o brilho atue aumentando a luminosidade. Já a cera foi o tratamento que teve menor alteração de cor em relação aos outros, diminuindo, em média, o tom vermelho da placa, provavelmente provocado por excesso de produto em algumas placas, não perceptível no momento da aplicação.

Tabela 11 – Parâmetros colorimétricos antes e após aplicação dos tratamentos protetores

Tratamento superficial		Início			Após tratamento		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Hidrofugante	Média	42,31	10,54	9,02	38,87	11,63	10,17
	Desvio	0,81	0,28	0,46	0,44	0,11	0,43
Cera	Média	42,79	10,19	8,76	42,80	9,82	8,70
	Desvio	1,05	0,51	0,28	1,56	0,66	0,25
Verniz	Média	42,86	10,68	8,54	40,35	10,45	8,38
	Desvio	0,96	0,31	0,33	0,39	0,17	0,18

(fonte: elaborado pela autora)

O quadro 17 apresenta a percepção da variação de cor devido à aplicação dos tratamentos protetores.

Quadro 17 – Percepção da  $\Delta E^*$  devido à aplicação dos tratamentos protetores

Tratamento	$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
Hidrofugante	2,987 – 4,44	Distinguível à facilmente distinguível
Cera	0,43 – 5,04	Muito pequena à facilmente distinguível
Verniz	1,952 – 3,107	Distinguível à facilmente distinguível

(fonte: elaborado pela autora)

Para os tratamentos protetores, a análise da variação de cor entre o final do processo e logo após a aplicação do tratamento, a interação entre os fatores passa a ser significativa, conforme tabela 12.

Tabela 12 – Resultados da análise de variância para variação cromática entre aplicação do tratamento e final do processo

Fatores		SQ	Graus de liberdade	MQ	F (calc)	F (5%)	p-valor	Efeito
A	Tempo de limpeza	0,33	1	0,33	0,28	~ 3,92	0,5967	NS
B	Tratamento	33,26	5	18,13	15,61	~ 2,30	0,0000	S
AB	Tempo x Tratamento	13,73	5	6,87	5,91	~ 2,30	0,0051	S
R	Erro	54,58	94	1,16	-	-	-	-

SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio

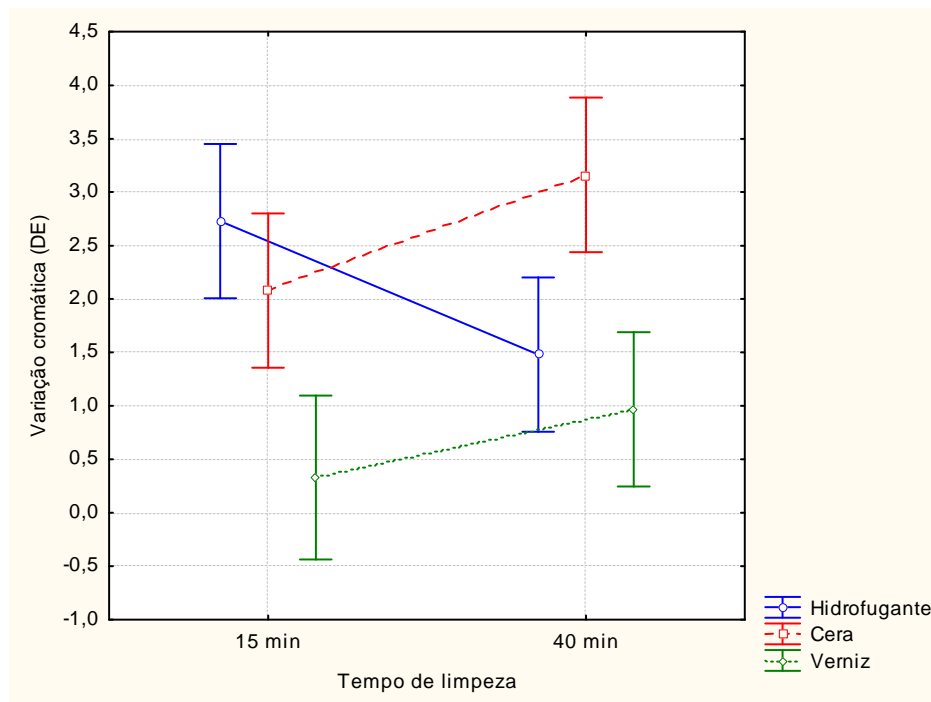
F (calc): F calculado; F (5%): valor da distribuição F para o nível de significância de 5%

p-valor: probabilidade do efeito do fator sobre a variável de resposta ser devido ao acaso

S: significativo; NS: não significativo

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 29 – Interação entre fatores



(fonte: elaborado pela autora)

Com base na figura 29 e nos quadros 18 e 19, verifica-se que o verniz teve pouca variação em função do procedimento de manchamento com argamassa de rejuntamento, bem como foi verificado durante os ensaios. Possivelmente, o fato do hidrofugante ter apresentado menor variação aos 40 minutos diz respeito ao manchamento não tão uniforme quanto as placas que



foram limpas aos 15 minutos (figura 30 (a) e (b)). Sendo que, nitidamente, o hidrofugante, mesmo sendo o único produto do tipo protetor disponível no mercado para solucionar a problemática em questão, teve o pior desempenho frente à variação cromática devido à argamassa de rejuntamento.

Quadro 18 – Percepção da  $\Delta E^*$  entre aplicação de tratamentos e após a limpeza aos 15 min

Tratamento	$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
Hidrofugante	1,179 – 4,534	Pequena à facilmente distinguível
Cera	0,478 – 4,168	Pequena à facilmente distinguível
Verniz	0,069 – 0,524	Imperceptível à pequena

(fonte: elaborado pela autora)

Quadro 19 – Percepção da  $\Delta E^*$  entre aplicação de tratamentos e após a limpeza aos 40 min

Tratamento	$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
Hidrofugante	0,59 – 2,523	Pequena à distinguível
Cera	0,578 – 5,562	Pequena à facilmente distinguível
Verniz	0,579 – 1,670	Pequena à distinguível

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 30: Placas tratadas com hidrofugante: (a) antes do rejuntamento; (b) após rejuntamento e limpeza



(fonte: fotos da autora)

A cera apresentou maior variação entre os processos intermediários do que na totalidade do processo. Apesar de não comprovado, isso pode significar que, pelo menos, parte da cera que causou alteração de cor, quando foi aplicada à placa no estado original, foi removida durante o processo de limpeza da argamassa de rejuntamento.

Dessa forma, como observado em laboratório, o verniz se mostra um bom tratamento para evitar o manchamento decorrente da aplicação da argamassa de rejuntamento, mas se as características da placa não podem ser alteradas (como inclusão de brilho) então ele não deve ser utilizado. Cabe ressaltar que na hora da aplicação desse tipo de tratamento deve-se ter o cuidado de evitar que o produto entre em contato com as juntas sob pena de diminuir a aderência da argamassa de rejuntamento às laterais da placa cerâmica e, portanto, contribuir para futuras manifestações patológicas devido à formação de pontos de entrada de água ao sistema de revestimento através das juntas de assentamento.

No caso em que as placas cerâmicas com tratamentos protetores também foram lavadas ao final do processo, a análise de variância apresentou os resultados da tabela 13.

Tabela 13 – Resultados da análise de variância para variação cromática total após lavagem das placas

Fatores		SQ	Graus de liberdade	MQ	F (calc)	F (5%)	p	Efeito
A	Tempo de limpeza	0,77	1	0,77	1,06	~ 3,92	0,3054	NS
B	Tratamento	305,03	5	61,00	84,56	~ 2,30	0,0000	S
AB	Tempo x Tratamento	5,93	5	1,19	1,64	~ 2,30	0,1563	NS
R	Erro	67,81	94	0,72	-	-	-	-

SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio

F (calc): F calculado; F (5%): valor da distribuição F para o nível de significância de 5%

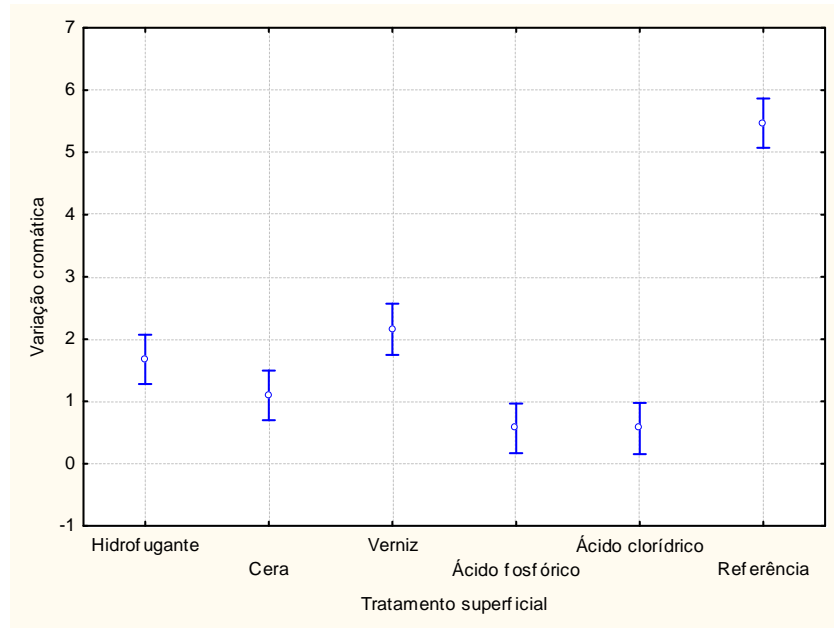
p-valor: probabilidade do efeito do fator sobre a variável de resposta ser devido ao acaso

S: significativo; NS: não significativo

(fonte: elaborado pela autora)

A figura 31 apresenta o efeito significativo do tipo de tratamento sobre a variável de resposta.

Figura 31– Análise de variância para o fator tratamento superficial após lavagem das placas cerâmicas com tratadas com produtos protetores



(fonte: elaborado pela autora)

Estatisticamente, os tratamentos protetores apresentaram tendência de diminuição do manchamento após o acréscimo da etapa de lavagem. Nos quadros 18 e 19, as percepções para o olho humano são expostas para essa situação. Apesar do fator tempo de limpeza não ser mais significativo para os novos resultados, a percepção de diferença de cor é apresentada para os dois níveis do fator tempo de limpeza (15 min e 40 min) para comparação com os resultados anteriores. Os valores dos tratamentos corretivos (ácidos) e o referência serão mantidos na apresentação da tabela para comparação com os tratamentos protetores.

Quadro 20 – Percepção da  $\Delta E^*$  ao final do processo de rejuntamento para o tempo de limpeza de 15 min

Tratamento	$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
Hidrofugante	0,949 – 3,668	Pequena à facilmente distinguível
Cera	0,102 – 1,513	Imperceptível à distinguível
Verniz	1,446 – 2,820	Pequena à distinguível
Ácido fosfórico	0,335 – 1,046	Muito pequena à pequena
Ácido clorídrico	0,218 – 0,820	Muito pequena à pequena
Referência	2,228 – 8,151	Distinguível à grande

(fonte: elaborado pela autora)

Para limpeza aos 15 minutos, os valores extremos de variação de cor das placas tratadas com hidrofugante e cera permaneceram na mesma faixa de percepção de cor apresentada antes da lavagem das placas. O verniz foi o único que ampliou a faixa ao diminuir o valor extremo mínimo, passando de percepção distinguível à pequena.

Quadro 21 – Percepção da  $\Delta E^*$  total após lavagem das placas para o tempo de limpeza de 40 min

Tratamento	$\Delta E^*$	Percepção da diferença de cor
Hidrofugante	0,703 – 3,397	Pequena à facilmente distinguível
Cera	0,696 – 2,680	Pequena à distinguível
Verniz	1,775 – 3,191	Distinguível à facilmente distinguível
Ácido fosfórico	0,098 – 1,179	Imperceptível à pequena
Ácido clorídrico	0,379 – 1,133	Muito pequena à pequena
Referência	2,646 – 7,349	Distinguível à grande

(fonte: elaborado pela autora)

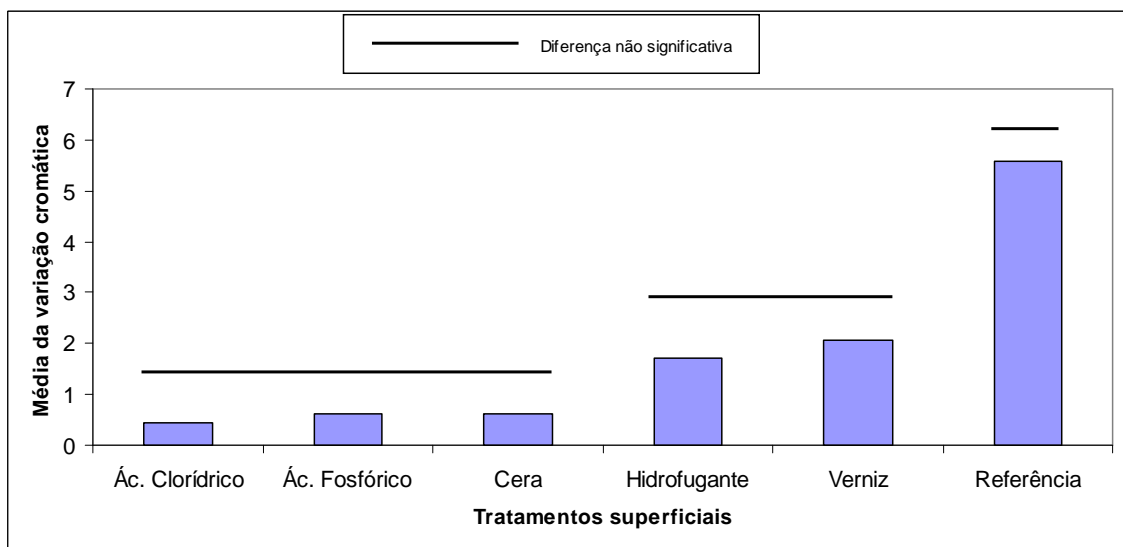
Para o tempo de limpeza de 40 minutos, a lavagem proporcionou leve melhora na faixa de percepção apenas para as placas tratadas com cera. As placas tratadas com verniz e hidrofugante apresentaram o efeito contrário, aumentando o valor extremo máximo de manchamento perceptível aos olhos. Dessa forma, pode-se concluir que a etapa de lavagem das placas com tratamentos superficiais apresentou uma melhora pouco significativa na variação total da cor das placas, diminuindo levemente a variação cromática para as placas tratadas com verniz aos 15 minutos e para as tratadas com cera aos 40 minutos.

### 7.2.2 Comparação múltipla de médias

A comparação múltipla de médias foi realizada com o objetivo de verificar se as diferenças entre as médias dos níveis dos fatores é significativa, adotando um limite de decisão de três vezes o desvio padrão das médias. Essa análise foi realizada apenas para a variação total de cor no caso em que as placas tratadas com produtos protetores não foram lavadas ao final do processo.

Apesar da interação entre os fatores controláveis não ter efeito significativo, optou-se por comparar as médias dos tratamentos superficiais fixando o fator tempo de limpeza. Para o tempo de 15 minutos (figura 32) os tratamentos com cera, ácido fosfórico e ácido clorídrico, bem como o hidrofugante e o verniz, não possuem diferença significativa entre suas médias. Sendo que, entre os tratamentos estudados, a cera e os ácidos apresentaram, em média, menor alteração cromática para esse tempo de limpeza. Apesar da cera apresentar baixos níveis de alteração, é importante lembrar que excessos podem causar alterações de difícil remoção.

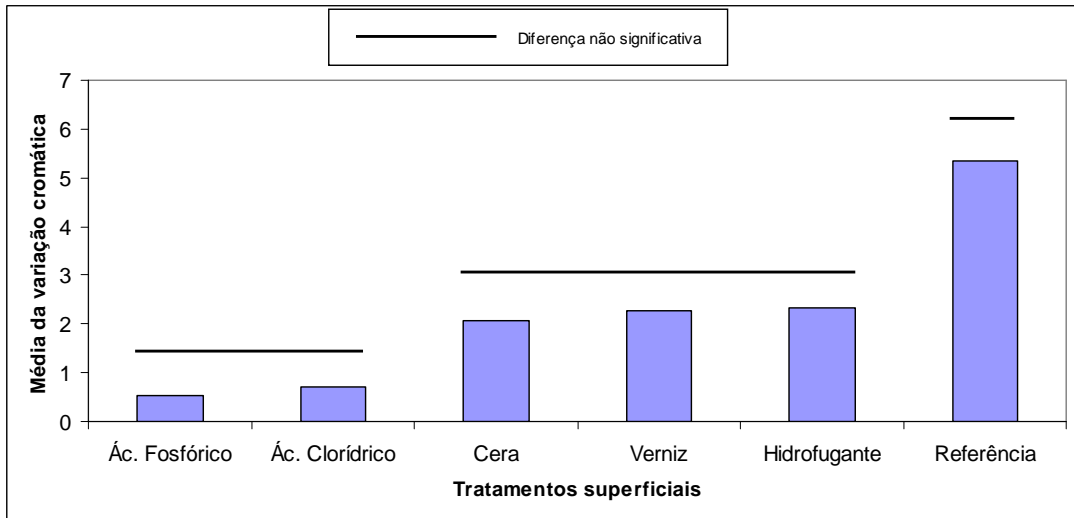
Figura 32 - Comparação múltipla de médias entre os tratamentos superficiais para o tempo de limpeza de 15 min



(fonte: elaborado pela autora)

Quando a limpeza foi realizada aos 40 minutos, as placas tratadas com cera passaram a ter comportamento estatisticamente igual ao verniz e ao hidrofugante, enquanto os produtos à base de ácidos permaneceram com médias baixas (figura 33).

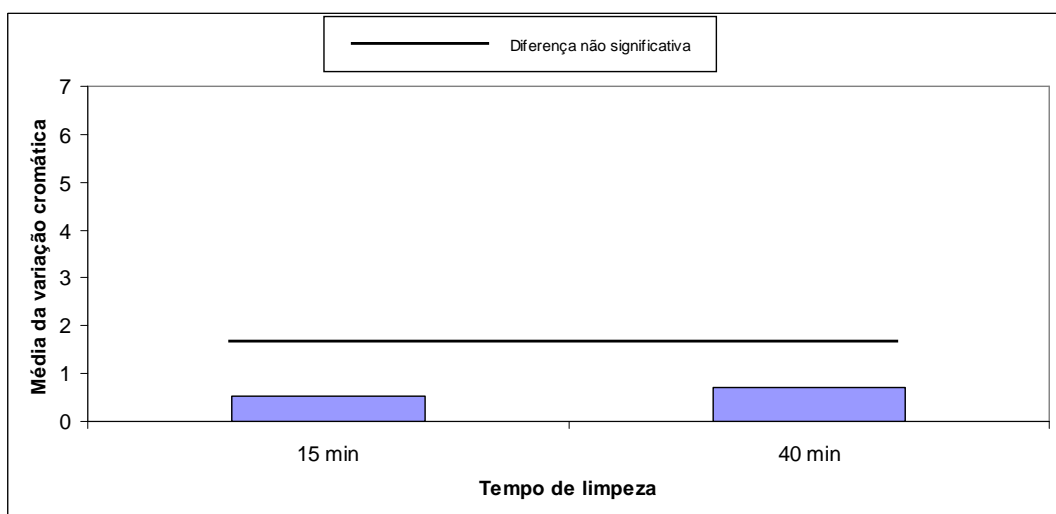
Figura 33 - Comparação múltipla de médias entre os tratamentos superficiais para o tempo de limpeza de 40 min



(fonte: elaborado pela autora)

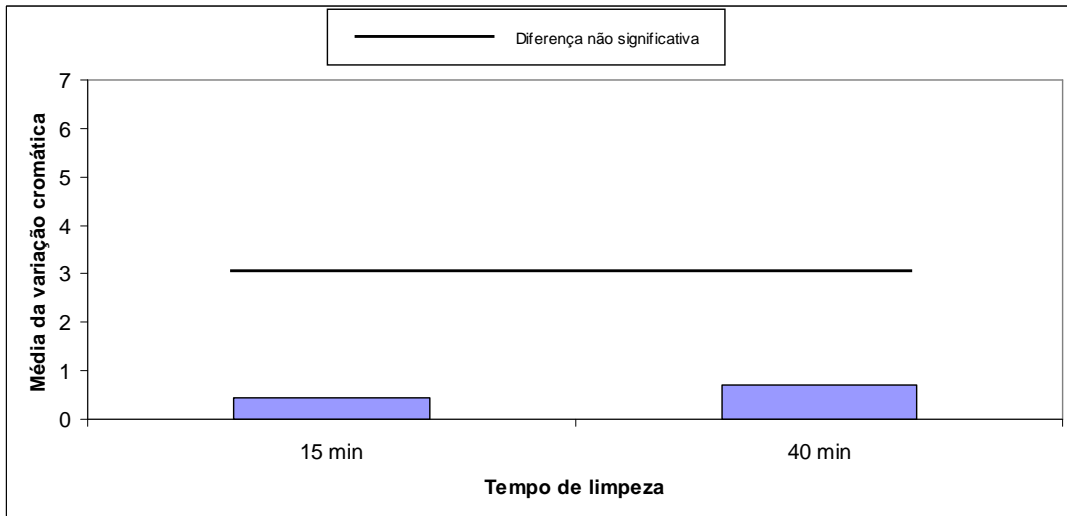
Como os tratamentos superficiais à base de produtos ácidos foram os que apresentaram menor variação cromática para ambos tempos de limpeza, foi realizada uma comparação de média para tais tratamentos fixando o tratamento e modificando o tempo de limpeza, confirmando que, estatisticamente, não existe diferença significativa na variação de cor se a limpeza for realizada aos 15 ou 40 minutos, tanto para o produto à base de ácido fosfórico (figura 34) como para o produto à base de ácido clorídrico (figura 35).

Figura 34 - Comparação múltipla de médias entre os tempos de limpeza para o ácido fosfórico



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 35 - Comparação múltipla de médias entre os tempos de limpeza para o ácido clorídrico

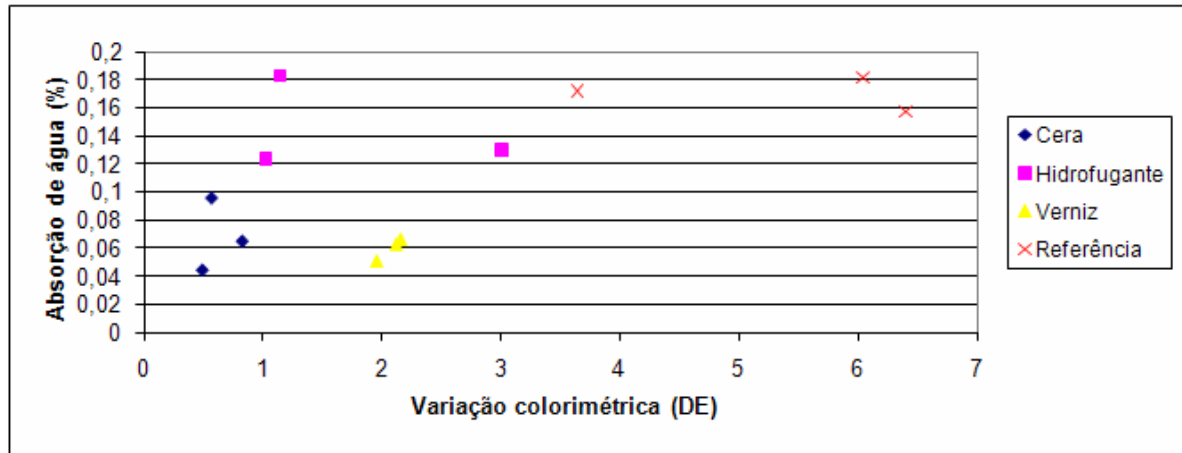


(fonte: elaborado pela autora)

### 7.3 INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO SUPERFICIAL DA PLACA CERÂMICA NA VARIAÇÃO CROMÁTICA

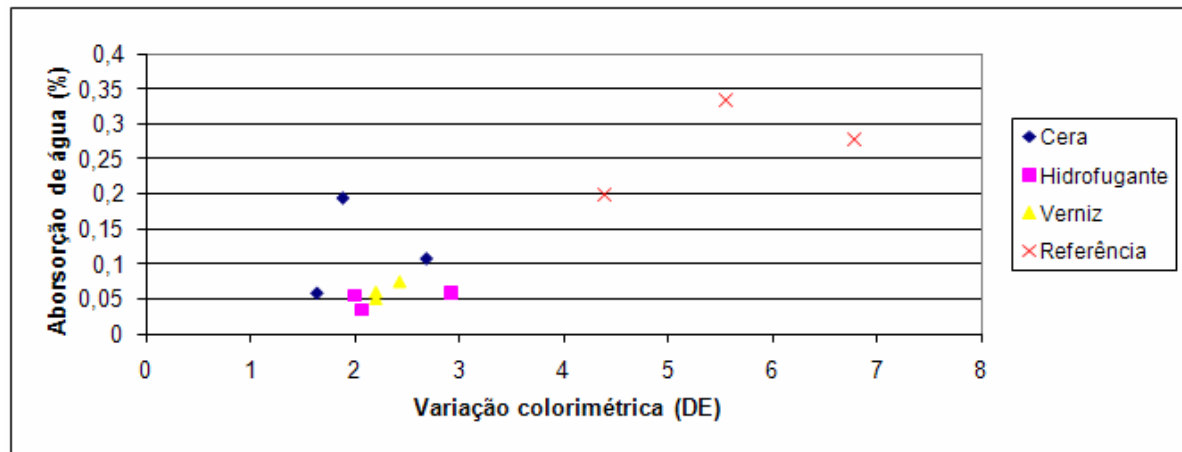
A relação entre absorção superficial das placas, tanto no estado original (sem tratamento), quanto após os tratamentos protetores (verniz, cera e hidrofugante), e a variação cromática total apresentada após o final do sistema de revestimento é representada nas figuras 36 e 37 para os dois níveis do tempo de limpeza. Observa-se que existe uma tendência de aumento da variação cromática para as superfícies das placas cerâmicas com maior absorção, para ambos tempos de limpeza, ou seja, os tratamentos protetores agem tamponando os poros superficiais.

Figura 36 – Absorção superficial x variação cromática para limpeza aos 15 min



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 37 – Absorção superficial x variação cromática para limpeza aos 40 min



(fonte: elaborado pela autora)

## 7.4 ANÁLISE ECONÔMICA DOS PRODUTOS

O custo aproximado de cada produto por área de superfície cerâmica é apresentado na tabela 14. Vale ressaltar que não se fez a análise econômica de mão de obra nem dos materiais e equipamentos necessários para aplicação desses produtos. Para o hidrofugante, considerou-se um ponto intermediário do rendimento fornecido pelo fabricante e para o verniz também se utilizou o valor dado pelo fabricante, ou seja, para esses produtos, não foi quantificado o consumo em laboratório.



O consumo de cera e dos tratamentos corretivos foi quantificado em laboratório pela diferença de massa após a aplicação da cera (7 g/placa) e pela quantidade de solução de ácido utilizada para limpeza das placas, considerando 20% de perda para os líquidos.

Tabela 14 – Custo/m<sup>2</sup> dos produtos utilizados na pesquisa

<b>Produto</b>	<b>Rendimento</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>
Hidrofugante	7,5m <sup>2</sup> /litro	21,98/litro	2,93
Cera	57m <sup>2</sup> /lata	12/lata	0,21
Verniz	60 m <sup>2</sup> /demão	42/galão	0,70
Produto à base de ácido fosfórico	1,77 m <sup>2</sup> /litro	7,45/litro	4,21
Produto à base de ácido clorídrico	5,20 m <sup>2</sup> /litro	8,35/litro	1,61

(fonte: elaborado pela autora)

Com base na tabela 14 e na figura 27, os produtos tecnicamente mais adequados para solução da problemática em questão (tratamentos corretivos), ou seja, que apresentaram maior desempenho quanto à alteração de cor, não são os mais econômicos. Além disso, dentre os tratamentos protetores, o produto mais caro foi o que apresentou pior desempenho frente ao manchamento por argamassa de rejuntamento.

O tratamento mais econômico e que apresentou resultados satisfatórios para o tempo de limpeza de 15 min é a cera. No entanto, tem que se tomar o cuidado de não exceder a quantidade ótima de aplicação, de forma que tampone os poros e não crie uma película de excesso (causando um manchamento pelo próprio produto).

## 8 CONCLUSÕES

As considerações expostas a seguir dizem respeito aos materiais com as características apresentadas no capítulo 6 – Materiais e métodos. Portanto, não podem ser consideradas verdadeiras para qualquer placa cerâmica e quaisquer produtos que promovem tratamento superficial. Para complementar e confirmar os resultados aqui apresentados, novos estudos devem ser realizados.

O manchamento das placas sem tratamento (referência) causa percepção de variação de cor na faixa entre distinguível a grande. Sendo assim, a execução de painel teste se torna uma etapa obrigatória entre projeto e execução do sistema de revestimento para, assim, verificar a possibilidade de incompatibilidade entre superfície da placa cerâmica e argamassa de rejuntamento.

Quando analisada a variação total das placas, o melhor tempo de limpeza é aos 15 minutos e todos os tratamentos superficiais apresentam variação cromática perceptível ao olho humano, mesmo que muito pequena. Dessa forma, os tratamentos, em geral, amenizam, porém não são capazes de deixar a placa no estado exatamente igual ao original. Ao contrário do que se esperava, o hidrofugante mostrou ser o pior produto do ponto de vista de alteração cromática por apresentar manchas devido à argamassa de rejuntamento, mesmo sendo o produto existente no mercado para evitar tal manchamento.

Os tratamentos superficiais que apresentam menor variação cromática total são os produtos à base de ácido fosfórico e ácido clorídrico, pois não apresentam diferença significativa entre eles. Além disso, são os únicos tratamentos que apresentam, estatisticamente, a mesma variação cromática para os dois tempos de limpeza. No entanto, sabe-se que esses produtos devem ser aplicados de acordo com técnica adequada para evitar futuros problemas e possui o inconveniente de não ser o melhor produto para manuseio do operador, em função de suas características químicas.

O tratamento superficial com cera é o que apresenta o melhor custo/benefício. No entanto, na prática, é necessário otimizar e padronizar a quantidade correta de cera aplicada a fim de evitar o manchamento devido ao produto, o que seria uma realidade mais próxima de uma escala industrial.

Os produtos protetores alteram a cor da placa cerâmica, sendo que a maior alteração ocorre para os tratamentos com produto hidrofugante e verniz. Caso a cor característica da placa cerâmica possa ser modificada, o verniz atende muito bem ao objetivo de evitar o manchamento devido à argamassa de rejuntamento. No entanto, na hora da aplicação, as juntas não podem ser contaminadas pelo produto.

Quanto aos tratamentos, durante a pesquisa pode-se observar que a maior dificuldade é definir a quantidade e a maneira correta de aplicar alguns produtos protetores, já que as propriedades da placa são tão peculiares que até o excesso de produto pode resultar em alteração de cor. Já para os produtos corretivos, esse problema não foi verificado já que foi utilizada a quantidade suficiente para retirar a sujidade aparente.

Quanto maior a absorção superficial da placa cerâmica, existe uma tendência de aumento da variação de cor total. O tratamento superficial do tipo protetor que menos altera a cor da placa cerâmica, devido a simples aplicação, é a cera. Mesmo assim, trata-se de uma percepção de variação entre muito pequena e facilmente distinguível.

## REFERÊNCIAS

- ABITANTE, A. L. R. **Estimativa da vida útil de placas cerâmicas esmaltadas solicitadas por abrasão através de ensaios acelerados**. 2004. 248 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- ARANTES, F. J. S.; GALES, D. F.; QUINTEIRO, E.; BOSCHI, A. O. O manchamento e a porosidade fechada de Grês Porcelanato. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 18-25, maio/jun. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13816**: placas cerâmicas para revestimento – terminologia. Rio de Janeiro, 1997a.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13818**: placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1997b.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13817**: placas cerâmicas para revestimento – classificação. Rio de Janeiro, 1997c.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14992**: Argamassas à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.
- BARREIRA contra manchas. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 16, n. 137, ago. 2008. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/137/artigo98814-1.asp>><sup>25</sup>. Acesso em: 9 jun. 2012.
- BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A.; RITTI, R. Limpeza de fachadas de argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EEC/UFG; ANTAC, 1995. p. 411-419. Disponível em <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/37-limpeza-de-fachadas-de-argamassa?start=20>><sup>26</sup>. Acesso em: 9 jun. 2012.
- CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.
- CHAROLA, E. Water-repellent treatments for building Stones: a practical overview. **APT Bulletin**, New York, v. 26, n. 2/3, p. 10-17, 1995.

<sup>25</sup> Caso não tenha cadastro no Portal PINIWeb, estando no site <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/137/artigo98814-1.asp>> localize a indicação <cadastre-se grátis> para cadastro gratuito. Caso já possua cadastro, digite *login* e senha para acesso ao conteúdo.

<sup>26</sup> Estando no site <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/37-limpeza-de-fachadas-de-argamassa?start=20>>, localize na parte inferior da página a indicação <download>: selecione para abrir o arquivo.

- CYBERCHROME OnColor, version 5.5.0.6. New York: Cyberchrome Color Systems, 2006.
- DINIZ, F. D. Aplicações arquitetônicas. In: FAZENDA, J. M. R. (Org.). **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. São Paulo: Textonovo, 1993. p. 778-799. v. 2.
- DONDI, M.; RAIMONDO, M.; ZANELLI, C. Resistência ao manchamento de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 13, n. 5, p. 39-45, set./out. 2008.
- FREITAS, V. P.; TORRES, M. I.; GUIMARÃES, A. S. **Humidade Ascensional**. 1. ed. Portugal: FEUP, 2008.
- GASTALDINI, A. L. G.; SICHIERI, E. P. Materiais cerâmicos para acabamentos e aparelhos. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciências e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. p. 589-618.
- GEOMAGIC Studio, version 10. Morrisville, USA: Geomagic Inc., 2008.
- GLIESE, R. **Medição espectrofotométrica de polpas de caulim visando o controle do processo de beneficiamento**. 2003. 88 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamento de física: óptica e física moderna**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 4288: surface texture: profile method – rules and procedures for the assessment of surface texture**. Geneva, 1996.
- JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis**. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- KUS, H. **Long-term performance of water repellants on rendered autoclaved aerated concrete**. 2002. 46 f. Thesis (Doctoral in Engineering) – University of Gävle, Gävle, SW, 2002.
- LIMA, E. Tratamento de estruturas em concreto aparente. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 2, n. 11, p. 22-24, jul/ago 1994.
- MARANHÃO, F. L.; BARROS, M. M. S. B. **Causas de patologias e recomendações para a produção de revestimentos aderentes com placas de rocha**. São Paulo: EPUSP, 2006. Boletim Técnico PCC n. 421. Não paginado.
- MARANHÃO, F. L.; LOH, K. O uso de hidrofugantes em materiais de construção porosos. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 18, n. 155, p. 50-53, fev. 2010.

MATERO, F. G.; BEDE, E. A.; TAGLE, A. An approach to the evaluation of cleaning methods for unglazed architectural terracota in the USA. In: TEUTONICO, J. M. (Ed.). **Architectural ceramics: their history, manufacture and conservation – a joint symposium of English Heritage and the United Kingdom Institute for Conservation, 22-25 Sept. 1994.** Londres: James & James, 1996. p. 57-88.

MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. Durabilidade e proteção do concreto armado. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 17, n. 151, p. 50-54, out. 2009.

MELO, C. M. J. **Influência da chuva dirigida e dos detalhes arquitetônicos na durabilidade de revestimentos de fachada.** 2010. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Mecânica das Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

OUCHI, J. T. Fundamentos de colorimetria. In: FAZENDA, J. M. R. (Coord.). **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia.** 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 391-401.

PALMONARI, C.; TIMELLINI, G. **Ceramic floor and wall tile: performance and controversies.** 1st. ed. Sassuolo, IT: EDI.CER, 1989.

PAMESA DO BRASIL. **Manual de assentamento de revestimentos cerâmicos: fachadas.** Cabo de Santo Agostinho, [2009].

PARRA, B. S.; GENNARI, R. C.; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O. Rugosidade superficial de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 15-18, mar./abr. 2006.

PASSUELLO, A. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco.** 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção.** 9. ed. São Paulo: Globo, 1993.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída.** 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RESENDE, M. M. **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios: limpeza de revestimentos cerâmicos.** 2004. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos de fachadas de edifícios: levantamento do estado da arte.** 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SANTOS, J. F.; QUINDICI, M. L. Z. Cor e colorimetria. In: FAZENDA, J. M. R. (Coord.). **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia.** 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 402-434.

SILVA, F. P. **O uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos**. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

STATSOFT Statistica, version 7.0. Tulsa, USA: StatSoft Company Information, 2004.

VALLEJO, F. J. L. Ensuciamiento de fachadas pétreas por la contaminación atmosférica: el caso de la ciudad de Valladolid, España. **Informes de la construcción**, Madrid, v. 41, n. 405, p. 45-72, 1990.

VARELA, J. J. **Caracterização de polpas de minerais industriais através do equipamento Colorcell visando o controle de qualidade do produto**. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

## **APÊNDICE A – Dados coletados e tratados**



Rugosidade medida através de digitalização tridimensional à laser

Curoff	Linha											
	1		2		3		4		5		6	
	Ra	Ra médio	Ra	Ra médio	Ra	Ra médio	Ra	Ra médio	Ra	Ra médio	Ra	Ra médio
1	47,30	43,90	29,40	32,68	59,30	41,93	61,10	39,68	68,20	34,03	47,30	43,90
2	57,10		32,70		28,00		32,80		34,40		57,10	
3	31,60	43,90	18,90	32,68	41,90	41,93	34,10	39,68	27,80	34,03	31,60	43,90
4	33,10		35,00		38,30		50,30		32,10		33,10	
5	75,70	43,90	42,60	32,68	47,70	41,93	37,00	39,68	27,40	34,03	75,70	43,90
6	18,60		37,50		36,40		22,80		14,30		18,60	

Massa da placa (em gramas) ao longo do ensaio de absorção de água superficial

n° unidades teste	Tempo (min)					
	0	5	15	40	60	120
1	255,90	256,11	256,13	256,47	256,49	256,61
2	257,72	257,87	257,91	258,21	258,21	258,23
3	257,32	257,52	257,61	257,77	258,38	258,18
4	256,11	256,24	256,28	256,47	256,51	256,55
5	258,61	258,78	258,85	258,91	259,01	259,08
6	247,74	247,88	247,93	247,98	248,05	248,13
7	256,37	256,87	256,97	256,99	257,05	257,00
8	254,35	254,62	254,64	254,69	254,73	254,76
9	255,36	255,61	255,78	255,90	255,84	255,83
10	263,29	263,52	263,67	263,73	263,91	263,90
11	253,20	253,34	253,49	253,57	253,51	253,58
12	251,96	252,14	252,22	252,23	252,25	252,28
13	246,33	246,52	246,70	246,81	246,79	246,78
14	252,00	-	252,62	252,67	252,65	-
15	252,52	252,81	252,96	253,07	252,94	253,08
16	255,04	255,23	255,39	255,41	255,42	255,48
17	252,66	252,93	253,09	253,17	253,22	253,33
18	251,40	251,58	251,80	251,90	251,86	251,94
19	259,46	259,63	259,76	259,79	259,81	259,84
20	247,76	248,05	248,10	248,09	248,10	248,22
21	250,76	250,90	250,97	251,03	251,04	251,11
22	252,33	252,47	252,51	252,51	252,54	252,57
23	253,72	253,79	253,89	253,94	253,94	253,97
24	253,04	253,19	253,23	253,25	253,28	253,34
25	253,95	254,16	254,51	254,54	254,55	254,69
26	251,60	-	251,98	251,99	252,01	252,30
27	251,85	252,07	252,11	252,19	252,21	252,28
28	252,86	253,02	253,10	253,20	253,20	253,27
29	250,26	250,44	250,53	250,60	250,60	250,67
30	247,79	-	248,16	248,16	248,20	248,34
31	257,29	257,52	257,69	257,74	257,80	257,90
32	251,91	252,13	252,20	252,28	252,28	252,38
33	251,90	252,01	252,09	252,19	252,23	252,26
34	249,71	249,91	249,94	250,10	250,16	250,37
35	250,74	250,89	250,94	250,95	251,00	-
36	257,94	258,10	258,20	258,23	-	258,39
37	248,76	249,26	249,36	-	249,63	-
38	258,46	258,58	258,67	258,72	258,69	258,72
39	245,52	245,71	245,78	245,85	245,96	246,13
40	249,26	249,44	249,47	249,51	249,55	249,83
41	249,73	249,88	249,97	250,96	250,89	250,84
42	251,23	251,41	251,44	251,62	251,60	251,68

Absorção de água das placas cerâmicas (em gramas) ao longo do tempo

nº unidades teste	Tempo (min)				
	5	15	40	60	120
1	0,21	0,23	0,57	0,59	0,71
2	0,15	0,19	0,49	0,49	0,51
3	-				
4	0,13	0,17	0,36	0,40	0,44
5	0,17	0,24	0,30	0,40	0,47
6	0,14	0,19	0,24	0,31	0,39
7	-				
8	0,27	0,29	0,34	0,38	0,41
9	0,25	0,42	0,54	0,48	0,47
10	0,23	0,38	0,44	0,62	0,61
11	0,14	0,29	0,37	0,31	0,38
12	0,18	0,26	0,27	0,29	0,32
13	0,19	0,37	0,48	0,46	0,45
14	0,29	0,44	0,55	0,42	0,56
15	0,19	0,35	0,37	0,38	0,44
16	0,27	0,43	0,51	0,56	0,67
17	0,18	0,40	0,50	0,46	0,54
18	0,17	0,30	0,33	0,35	0,38
19	0,29	0,34	0,33	0,34	0,46
20	0,14	0,21	0,27	0,28	0,35
21	0,14	0,18	0,18	0,21	0,24
22	0,07	0,17	0,22	0,22	0,25
23	0,15	0,19	0,21	0,24	0,30
24	0,21	0,56	0,59	0,60	0,74
25	0,22	0,26	0,34	0,36	0,43
26	0,16	0,24	0,34	0,34	0,41
27	0,18	0,27	0,34	0,34	0,41
28	0,23	0,40	0,45	0,51	0,61
29	0,22	0,29	0,37	0,37	0,47
30	0,11	0,19	0,29	0,33	0,36
31	0,20	0,23	0,39	0,45	0,66
32	0,12	0,21	0,26	0,23	0,26
33	0,19	0,26	0,33	0,44	0,61
34	0,18	0,21	0,25	0,29	0,57
35	-				
36	0,18	0,21	0,39	0,37	0,45

Parâmetros colorimétricos da placa cerâmica no estado original

nº unidade teste	L*	a*	b*
1	41,75	10,75	8,82
2	43,22	10,43	8,46
3	42,66	10,22	9,00
4	41,46	10,73	8,80
5	43,31	10,30	8,28
6	41,60	10,68	8,80
7	42,41	10,49	8,57
8	42,54	10,59	8,66
9	40,94	10,74	8,70
10	43,35	10,10	9,03
11	44,60	9,20	8,71
12	44,75	9,18	8,37
13	43,55	10,01	9,21
14	43,74	9,32	8,90
15	42,35	10,21	8,78
16	41,83	10,48	8,55
17	42,98	10,04	8,66
18	43,34	9,89	9,36
19	41,51	10,54	8,61
20	41,49	10,48	8,63
21	42,09	10,44	8,82
22	44,40	10,31	8,40
23	42,54	10,93	8,95
24	42,10	10,79	8,88
25	41,67	10,94	9,09
26	42,56	10,54	8,63
27	41,41	10,92	8,98
28	41,81	10,14	9,25
29	43,06	10,00	9,78
30	42,05	10,43	9,45
31	42,68	10,77	9,14
32	42,65	10,54	9,60
33	42,31	10,23	9,96
34	43,56	10,27	8,25
35	41,15	10,78	8,84
36	42,46	10,72	9,08
37	41,37	10,71	9,20
38	43,00	10,09	9,37
39	42,84	10,13	9,25
40	41,76	10,97	8,97
41	41,86	10,73	8,77
42	41,20	11,06	9,10
43	41,55	10,73	9,88

continua

continuação

44	42,29	10,07	8,92
45	42,41	10,49	8,62
46	41,85	10,77	8,56
47	40,82	11,24	9,38
48	-	11,07	9,12
49	42,12	10,84	8,86
50	41,14	10,83	9,29
51	44,06	9,66	9,10
52	42,56	10,30	9,31
53	42,13	10,60	10,08
54	43,48	9,85	9,31
55	41,87	10,69	8,62
56	41,87	10,82	9,10
57	43,16	10,08	9,42
58	42,30	10,27	9,28
59	43,10	10,33	9,64
60	43,00	10,22	9,45
61	43,15	10,05	9,14
62	42,78	9,82	9,29
63	42,18	10,12	8,87
64	41,26	10,40	8,15
65	41,62	10,45	8,80
66	41,82	10,61	8,44
67	44,04	10,16	8,08
68	41,09	10,87	9,60
69	44,09	9,77	8,96
70	40,81	10,57	8,57
71	41,76	10,94	9,03
72	42,86	10,47	8,36
73	41,67	10,52	8,81
74	42,26	10,03	9,02
75	44,52	9,20	8,70
76	43,14	10,53	8,43
77	42,09	10,65	9,44
78	44,91	9,18	8,79
79	42,88	9,93	9,25
80	41,47	10,66	9,16
81	41,42	10,84	8,90
82	41,83	10,79	8,85
83	42,06	10,76	8,73
84	42,66	10,43	8,56
85	41,56	10,91	8,57
86	40,94	11,05	9,22
87	41,85	10,98	8,92
88	42,87	10,54	8,57

continua

continuação

89	43,14	10,64	8,63
90	41,98	11,35	9,60
91	39,65	10,85	-
92	43,42	9,65	9,02
93	41,45	10,17	8,97
94	43,22	9,77	9,50
95	42,57	10,31	9,19
96	43,51	9,97	8,69
97	43,31	9,94	9,06
98	42,58	10,22	9,31
99	44,69	9,64	8,99
100	41,80	10,23	8,99
101	42,85	9,83	9,19
102	44,22	9,51	8,89
103	44,08	9,53	8,97
104	42,72	10,33	9,28
105	42,11	10,13	9,06
106	42,89	9,83	8,98
107	44,49	9,54	8,84
108	42,96	9,95	8,56
109	45,36	10,29	7,94
110	42,80	11,02	8,93
111	43,01	10,83	8,79
112	42,37	10,94	8,91
113	42,68	11,03	8,83
114	43,15	10,32	8,17
115	42,01	10,53	8,33
116	42,47	10,72	8,57
117	43,60	10,29	8,22
118	41,61	10,97	8,83
119	42,06	11,05	9,11
120	44,53	10,25	8,40
121	43,47	10,87	8,52
122	42,30	10,86	8,70
123	41,84	10,60	8,46
124	42,84	11,03	8,69
125	43,35	10,23	8,10
126	42,02	10,42	8,17

Parâmetros colorimétricos das placas cerâmicas no estado original, tratadas e ao final do processo

Produto/tempo de limpeza		INÍCIO			TRATAMENTO			FINAL		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
CERA / 15 min	C151_1	41,75	10,75	8,82	41,53	10,23	8,64	41,86	10,70	8,77
	C151_2	43,22	10,43	8,46	42,45	10,22	8,35	42,84	10,47	8,48
	C151_3	42,66	10,22	9,00	41,62	10,66	8,84	43,33	9,89	8,42
	C152_1	41,46	10,73	8,80	44,98	9,21	8,76	41,68	10,68	8,49
	C152_2	43,31	10,30	8,28	45,99	8,54	8,92	42,60	10,66	8,69
	C152_3	41,60	10,68	8,80	43,10	9,32	8,53	41,96	10,57	8,63
	C153_1	42,41	10,49	8,57	41,98	10,14	9,03	42,91	10,26	8,45
	C153_2	42,54	10,59	8,66	43,54	9,31	8,75	43,27	10,25	8,21
	C153_3	40,94	10,74	8,70	45,46	8,53	8,75	41,78	10,43	8,30
CERA / 40 min	C401_1	43,35	10,10	9,03	42,45	9,81	8,17	45,60	8,99	7,44
	C401_2	44,60	9,20	8,71	42,10	10,40	8,78	45,88	8,48	7,70
	C401_3	44,75	9,18	8,37	41,49	10,15	8,53	45,33	8,83	7,77
	C402_1	43,55	10,01	9,21	43,00	10,00	8,62	46,30	8,76	7,60
	C402_2	43,74	9,32	8,90	40,83	10,63	9,20	45,73	8,47	7,70
	C402_3	42,35	10,21	8,78	42,73	10,36	8,63	44,01	9,29	7,75
	C403_1	41,83	10,48	8,55	40,87	9,77	8,42	42,22	10,20	8,25
	C403_2	42,98	10,04	8,66	41,64	10,34	9,02	44,62	9,17	7,59
	C403_3	43,34	9,89	9,36	44,66	9,12	8,67	45,04	9,03	8,24
VERNIZ / 15 min	V151_1	45,36	10,29	7,94	40,99	10,70	8,54	41,22	10,67	8,54
	V151_2	42,80	11,02	8,93	40,55	10,68	8,62	40,87	10,52	8,40
	V151_3	43,01	10,83	8,79	40,61	10,50	8,53	40,80	10,53	8,55
	V152_1	42,37	10,94	8,91	40,50	10,54	8,52	40,78	10,44	8,51
	V152_2	42,68	11,03	8,83	40,43	10,69	8,59	40,80	10,56	8,50
	V152_3	43,15	10,32	8,17	40,61	10,36	8,22	40,99	10,14	7,94
	V153_1	42,01	10,53	8,33	40,06	10,05	8,08	40,47	9,84	7,90
	V153_2	42,47	10,72	8,57	40,07	10,56	8,57	41,32	10,03	7,85
	V153_3	43,60	10,29	8,22	40,50	10,45	8,39	40,52	10,51	8,42
VERNIZ / 40 min	V401_1	41,61	10,97	8,83	39,70	10,48	8,38	40,12	10,32	8,01
	V401_2	42,06	11,05	9,11	40,37	10,39	8,43	41,53	9,82	7,66
	V401_3	44,53	10,25	8,40	40,74	10,34	8,41	41,93	9,80	7,38
	V402_1	43,47	10,87	8,52	40,40	10,51	8,32	41,02	10,24	7,93
	V402_2	42,30	10,86	8,70	39,93	10,50	8,30	40,37	10,32	7,88
	V402_3	41,84	10,60	8,46	39,55	10,20	7,99	39,31	10,34	8,19
	V403_1	42,84	11,03	8,69	40,50	10,53	8,40	41,07	10,33	7,91
	V403_2	43,35	10,23	8,10	40,79	10,34	8,24	41,93	9,68	7,32
	V403_3	42,02	10,42	8,17	39,97	10,33	8,24	39,16	10,43	8,29

continua

continuação

HIDROFUGANTE / 15 min	H151_1	41,51	10,54	8,61	38,60	11,74	9,85	40,84	10,58	8,77
	H151_2	41,49	10,48	8,63	38,18	11,63	9,81	39,88	10,80	9,08
	H151_3	42,09	10,44	8,82	38,90	11,51	9,94	41,08	10,52	9,00
	H152_1	44,40	10,31	8,40	39,10	11,74	10,15	40,73	11,02	9,44
	H152_2	42,54	10,93	8,95	38,81	11,79	9,95	39,78	11,28	9,51
	H152_3	42,10	10,79	8,88	38,70	11,57	9,74	39,81	10,86	9,12
	H153_1	41,67	10,94	9,09	38,88	11,64	9,90	42,38	9,83	8,19
	H153_2	42,56	10,54	8,63	38,92	11,79	10,05	42,66	9,89	8,34
	H153_3	41,41	10,92	8,98	38,48	11,80	9,96	41,79	10,29	8,76
HIDROFUGANTE / 40 min	H401_1	41,81	10,14	9,25	38,80	11,51	10,62	39,26	11,17	10,51
	H401_2	43,06	10,00	9,78	39,10	11,53	11,09	40,40	10,88	10,77
	H401_3	42,05	10,43	9,45	38,77	11,64	10,54	39,57	11,19	10,40
	H402_1	42,68	10,77	9,14	38,97	11,68	10,14	40,35	11,08	9,60
	H402_2	42,65	10,54	9,60	38,93	11,58	10,58	40,60	10,87	9,83
	H402_3	42,31	10,23	9,96	39,12	11,44	11,02	40,91	10,58	10,37
	H403_1	43,56	10,27	8,25	40,11	11,54	9,67	42,32	10,65	8,85
	H403_2	41,15	10,78	8,84	38,05	11,62	9,80	39,09	11,28	9,59
	H403_3	42,46	10,72	9,08	39,24	11,61	10,17	40,08	11,10	9,82
ÁC. FOSFÓRICO / 15 min	L1151_1	41,26	10,40	8,15	-	-	-	-	-	-
	L1151_2	41,62	10,45	8,80	-	-	-	-	-	-
	L1151_3	41,82	10,61	8,44	-	-	-	-	-	-
	L1152_1	44,04	10,16	8,08	-	-	-	-	-	-
	L1152_2	41,09	10,87	9,60	-	-	-	-	-	-
	L1152_3	44,09	9,77	8,96	-	-	-	-	-	-
	L1153_1	40,81	10,57	8,57	-	-	-	-	-	-
	L1153_2	41,76	10,94	9,03	-	-	-	-	-	-
	L1153_3	42,86	10,47	8,36	-	-	-	-	-	-
ÁC. FOSFÓRICO / 15 min	L1401_1	41,67	10,52	8,81	-	-	-	-	-	-
	L1401_2	42,26	10,03	9,02	-	-	-	-	-	-
	L1401_3	44,52	9,20	8,70	-	-	-	-	-	-
	L1402_1	43,14	10,53	8,43	-	-	-	-	-	-
	L1402_2	42,09	10,65	9,44	-	-	-	-	-	-
	L1402_3	44,91	9,18	8,79	-	-	-	-	-	-
	L1403_1	42,88	9,93	9,25	-	-	-	-	-	-
	L1403_2	41,47	10,66	9,16	-	-	-	-	-	-
	L1403_3	41,42	10,84	8,90	-	-	-	-	-	-

continua



continuação

ÁC. CLORÍDRICO / 15 min	L1151_1	41,37	10,71	9,20	-	-	-	-	-	-
	L1151_2	43,00	10,09	9,37	-	-	-	-	-	-
	L1151_3	42,84	10,13	9,25	-	-	-	-	-	-
	L1152_1	41,76	10,97	8,97	-	-	-	-	-	-
	L1152_2	41,86	10,73	8,77	-	-	-	-	-	-
	L1152_3	41,20	11,06	9,10	-	-	-	-	-	-
	L1153_1	41,55	10,73	9,88	-	-	-	-	-	-
	L1153_2	42,29	10,07	8,92	-	-	-	-	-	-
	L1153_3	42,41	10,49	8,62	-	-	-	-	-	-
ÁC. CLORÍDRICO / 40 min	L1401_1	41,85	10,77	8,56	-	-	-	-	-	-
	L1401_2	40,82	11,24	9,38	-	-	-	-	-	-
	L1401_3	39,03	11,07	9,12	-	-	-	-	-	-
	L1402_1	42,12	10,84	8,86	-	-	-	-	-	-
	L1402_2	41,14	10,83	9,29	-	-	-	-	-	-
	L1402_3	44,06	9,66	9,10	-	-	-	-	-	-
	L1403_1	42,56	10,30	9,31	-	-	-	-	-	-
	L1403_2	42,13	10,60	10,08	-	-	-	-	-	-
	L1403_3	43,48	9,85	9,31	-	-	-	-	-	-
REFERÊNCIA / 15 min	R151_1	39,65	10,85	7,26	-	-	-	-	-	-
	R151_2	43,42	9,65	9,02	-	-	-	-	-	-
	R151_3	41,45	10,17	8,97	-	-	-	-	-	-
	R152_1	43,22	9,77	9,50	-	-	-	-	-	-
	R152_2	42,57	10,31	9,19	-	-	-	-	-	-
	R152_3	43,51	9,97	8,69	-	-	-	-	-	-
	R153_1	43,31	9,94	9,06	-	-	-	-	-	-
	R153_2	42,58	10,22	9,31	-	-	-	-	-	-
	R153_3	44,69	9,64	8,99	-	-	-	-	-	-
REFERÊNCIA / 15 min	R401_1	41,80	10,23	8,99	-	-	-	-	-	-
	R401_2	42,85	9,83	9,19	-	-	-	-	-	-
	R401_3	44,22	9,51	8,89	-	-	-	-	-	-
	R402_1	44,08	9,53	8,97	-	-	-	-	-	-
	R402_2	42,72	10,33	9,28	-	-	-	-	-	-
	R402_3	42,11	10,13	9,06	-	-	-	-	-	-
	R403_1	42,89	9,83	8,98	-	-	-	-	-	-
	R403_2	44,49	9,54	8,84	-	-	-	-	-	-
	R403_3	42,96	9,95	8,56	-	-	-	-	-	-

## **ANEXO A – Informações contidas nas FISPQ dos produtos**

## Características da argamassa de rejuntamento

Composição química / concentração	Informação confidencial.
Estado físico	Sólido, em pó.
Cor	-
Odor	Característico de cimento.
pH	Não disponível.

## Características do hidrofugante

Composição química / concentração	Resina de silano siloxano / concentração não informada.
Estado físico	Líquido
Cor	Branco
Odor	Fraco, característico.
pH	6,5
Efeitos quando em contato com os olhos	Pode formar filme oleoso sobre o globo ocular causando reversível diminuição no poder de visão por um curto espaço de tempo.
Efeitos quando ingerido	Não medido.
Efeitos quando inalado	Não medido.
Efeitos quando em contato com a pele	Dermatite por sensibilidade pessoal, principalmente em pessoas com pele clara.

## Características da cera

Composição química / concentração	Ceras microcristalinas / até 6,1%; cera de polietileno / até 2,7%; carnaúba / até 1,2%; parafina / até 22%; silicone / até 0,05%; perfume / até 0,3%; solventes alifáticos / qsp 100.
Estado físico	Sólido, em pasta.
Cor	Incolor
Odor	Característico
pH	Não determinado.
Efeitos quando em contato com os olhos	Irritação. Pode provocar conjuntivite.
Efeitos quando ingerido	Irritação do trato gastrintestinal.
Efeitos quando inalado	Inalação prolongada pode provocar cefaléia, náuseas, vertigens, vômitos e sonolência.
Efeitos quando em contato com a pele	Irritação. Pode provocar dermatite.

## Características do verniz

Composição química / concentração	Trimetilbenzeno / 30-35%; hidrocarboneto aromático C9 / 35-45%; Xileno / 0,5 a 1%.
Estado físico	Líquido
Cor	Transparente
Odor	Característico
pH	Não se aplica, produto base solvente.
Efeitos quando em contato com os olhos	Irritação, seja por contato direto, contato com vapores do produto ou contato com poeiras de lixação.
Efeitos quando ingerido	Irritação do trato digestivo. Pode causar tonturas, dores de cabeça e até a perda de consciência, se ingerido em grande quantidade.
Efeitos quando inalado	Pode ocasionar tonturas, dores de cabeça e irritação das vias respiratórias, náusea e confusão mental. Se inalado em altas concentrações pode levar à perda de consciência.
Efeitos quando em contato com a pele	Pode provocar irritação e ressecamento da pele, podendo provocar dermatite de contato.

## Características do produto à base de ácido fosfórico

Composição química / concentração	Éter poliglicólico de álcool graxo, óxido de propileno e etileno polimerizados e acidulantes / Concentrações não informadas.
Estado físico	Líquido
Cor	Incolor
Odor	Característico
pH	Não informado. Apenas informa que é um produto corrosivo.
Efeitos quando em contato com os olhos	Irritação das conjuntivas.
Efeitos quando ingerido	Não informado.
Efeitos quando inalado	Irritação das vias aéreas.
Efeitos quando em contato com a pele	Irritação, podendo causar dermatites.

## Características do produto à base de ácido clorídrico

Composição química / concentração	Ácido clorídrico / 12%.
Estado físico	Líquido
Cor	Violeta
Odor	Acre, quase inodoro.
pH	Não informado.
Efeitos quando em contato com os olhos	Irritação, queimadura.
Efeitos quando ingerido	Dependendo da quantidade, pode determinar irritação gastrointestinal.
Efeitos quando inalado	Irritação das vias aéreas.
Efeitos quando em contato com a pele	Nas condições normais de utilização não causa danos a pele, em contato prolongado pode causar irritação e queimadura.