



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA DE  
ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS  
APLICADOS SOBRE DIFERENTES SUBSTRATOS EM  
BLOCOS ESTRUTURAIS**

**Autor:** Álisson Rezende da Silveira

**Orientador:** Humberto Ramos Roman, Ph.D

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, para obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

**Florianópolis, fevereiro de 2014**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Da Silveira, Álisson Rezende

Avaliação Experimental da Resistência de Aderência à Tração de Revestimentos Cerâmicos Aplicados sobre Diferentes Substratos em Blocos Estruturais / Álisson Rezende da Silveira / orientador, Humberto Ramos Roman - Florianópolis, SC, 2014.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. resistência de aderência à tração. 3. revestimento cerâmico. 4. bloco de concreto. 5. bloco cerâmico. Roman, Humberto Ramos. I. Universidade Federal de Santa Catarina. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA DE  
ADERÊNCIA À TRACÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS  
APLICADOS SOBRE DIFERENTES SUBSTRATOS**

**ÁLISSEON REZENDE DA SILVEIRA**

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Florianópolis, março de 2014.

---

Prof. Roberto Caldas de A. Pinto, Dr.  
Coordenador do PPGEC

---

Prof. Humberto Ramos Roman, PhD.  
Orientador

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Prof. Humberto Ramos Roman, PhD. – Moderador - ECV/UFSC

---

Prof. Eduardo Rizzatti, Dr.- UFSM

---

Prof. Philippe Jean Paul Gleize, Dr. – Ing. - ECV/UFSC

---

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr. – ECV/UFSC



## **DEDICO**

A minha esposa Cristina e a minha filha Betina que eu amo tanto,  
pelo total apoio, incentivo e cobrança permanente para a conclusão deste  
trabalho.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela confiança em minha vida;

À minha excelentíssima esposa Tina, por todo amor e paciência, a qual caminhou dedicadamente ao meu lado e foi determinante para que este trabalho fosse realizado, inclusive na ajuda à execução dos ensaios. O meu muito obrigado;

À minha filhota Bê pelo amor incondicional;

Aos meus pais Osmar e Rose pela “cobrança” vitalícia, inclusive a minha irmã Lisiane;

A UFSC, pela estrutura e apoio aos seus alunos;

Ao Prof. Dr. Humberto Ramos Roman, pela orientação, amizade e confiança. Obrigada pela paciência e compreensão durante todos estes muitos anos;

Ao meu ajudante e amigo Luis Fernando, que sempre teve disposição para me ajudar na realização dos ensaios;

Aos meus amigos do LMCC, Roque, Luiz e Renato, onde sempre pude contar com a ajuda deles e sem falar nos famosos churrascos que o Luis preparava no laboratório;

A todos amigos do GDA e seus familiares, Juliana Juba, Cledison, Cleila, , Fernando Avancini, Odilar, João Dirceu, Jenner, Carlos, Tuco, Nadi, onde tive a felicidade de conhecê-los e conviver todos estes anos juntos e ainda hoje mesmo distantes;

Aos meus amigos Marcelo, Margaret e Carol, pela eterna e sincera amizade, pelos passeios, almoços, jantares...

Ao meu amigo de longa data Cassiano e a mais nova amiga Elaine, sempre que precisei, pude contar com vocês;

A Cerâmica Bosse, pela doação dos blocos;

A Tecnocola, pela doação das argamassas colantes;

A todos os meus familiares e amigos;

A Florianópolis, por nos acolher tão bem;

E por último a PDG, por ter feito o favor de me liberar para que eu conseguisse terminar essa etapa em minha vida;

Muito obrigado!!!!



# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	25
1.2 JUSTIFICATIVA .....	26
1.3 OBJETIVOS .....	28
1.3.1 <i>Objetivo Principal</i> .....	28
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	29
<b>2. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO</b> .....	<b>31</b>
2.1 COMPONENTES DO REVESTIMENTO CERÂMICO .....	31
2.1.1 <i>Base</i> .....	32
2.1.2 <i>Substrato</i> .....	32
2.1.3 <i>Argamassa colante ou adesiva</i> .....	33
2.1.4 <i>Placa Cerâmica</i> .....	34
2.2 CLASSIFICAÇÕES DAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO .....	35
2.3 DESEMPENHO DOS REVESTIMENTOS.....	36
2.3.1 <i>Aderência de revestimentos cerâmicos</i> .....	38
2.5 TENSÕES IMPOSTAS AOS REVESTIMENTOS .....	40
2.6 CAUSAS DE SEPARAÇÃO DAS CAMADAS DE REVESTIMENTOS .....	42
2.6.1 <i>Expansão por Umidade (EPU)</i> .....	43
2.6.2 <i>Retração Hidráulica</i> .....	43
2.6.3 <i>Movimentos da Camada de Suporte</i> .....	44
2.6.4 <i>Sobrecargas</i> .....	46
2.6.5 <i>Ação da Temperatura</i> .....	47
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>51</b>
3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....	51
3.2 CONSTRUÇÃO DOS PAINÉIS .....	54
3.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRACÇÃO .....	56
3.3.1 <i>Execução do Ensaio</i> .....	56
3.4 CARACTERIZAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS .....	63
3.4.1 <i>Blocos Estruturais Cerâmicos</i> .....	63
3.4.1.1 <i>Ensaio de Análise Dimensional</i> .....	64
3.4.1.1.1 <i>Resultados da Análise Dimensional</i> .....	66
3.4.1.2 <i>Índice de Absorção de Água (AA)</i> .....	66
3.4.1.2.1 <i>Resultados do Ensaio de Absorção de Água (AA)</i> ...	67
3.4.1.3 <i>Índice de Absorção Inicial (AAI)</i> .....	67
3.4.1.3.1 <i>Resultados do Ensaio de Absorção Inicial (AAI)</i> .....	68
3.4.1.4 <i>Área Líquida</i> .....	68
3.4.1.4.1 <i>Resultados do Ensaio de Área Líquida</i> .....	69
3.4.2 <i>Blocos de Concreto</i> .....	69

3.4.2.1 <i>Análise Dimensional</i> .....	70
3.4.2.1.1 <i>Resultados da Análise Dimensional</i> .....	71
3.4.2.2 <i>Absorção de Água</i> .....	71
3.4.2.2.1 <i>Resultados do Ensaio de Absorção de Água (aa)</i> .....	72
3.4.2.3 <i>Área Líquida</i> .....	72
3.4.2.3.1 <i>Resultados do Ensaio de Área Líquida</i> .....	72
3.4.3 <i>Argamassas de Assentamento e Revestimento</i> .....	73
3.4.4 <i>Cimento</i> .....	74
3.4.5 <i>Cal Hidratada</i> .....	75
3.4.6 <i>Areia</i> .....	76
3.4.7 <i>Água</i> .....	77
3.4.8 <i>Argamassa Colante</i> .....	78
3.4.9 <i>Argamassa de Rejuntamento</i> .....	79
3.4.10 <i>Revestimento Cerâmico</i> .....	79
3.4.11 <i>Construção dos Painéis e Obtenção das Amostras</i> .....	80
<b>4 ANÁLISE ESTATÍSTICA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>85</b>
4.1 <i>GLM UNIVARIADO</i> .....	85
4.2 <i>RESULTADOS OBTIDOS</i> .....	87
4.2.1 <i>Influência do Tipo de Bloco</i> .....	88
4.2.2 <i>Influência do Tipo de Substrato</i> .....	89
4.2.3 <i>Influência do Tipo de Argamassa</i> .....	90
4.2.4 <i>Variável Resposta Original</i> .....	91
<b>5 ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	<b>95</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>99</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>101</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>103</b>
<b>9 APÊNDICE 01</b> .....	<b>109</b>
<b>10 APÊNDICE 02</b> .....	<b>123</b>
<b>11 APÊNDICE 03</b> .....	<b>147</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção Brasileira de Revestimentos cerâmicos (Fonte: ANFACER, 2013).....	25
Figura 2- Exemplo de aplicação de revestimento cerâmico direto sobre o bloco de concreto (Fonte: DARINI, 2006).....	28
<b>Figura 3</b> – Esquema do revestimento cerâmico com a argamassa colante .....	31
<b>Figura 4</b> – Partes do revestimento cerâmico .....	35
Figura 5 - Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas colantes (adaptado de Carasek, 2007). .....	39
Figura 6 – Sistema usual de revestimentos cerâmicos .....	41
Figura 7 - Esquema de tensões de cisalhamento impostas ao revestimento devido às movimentações da camada de suporte.....	44
Figura 8 – Revestimento solicitado à tração (Fonte: FIORITO, 2009). .....	46
Figura 9 – Efeito da expansão e contração térmica em um sistema de revestimento cerâmico (Fonte: Carrió, 1993).....	49
Figura 10 - Esquema do planejamento experimental .....	53
Figura 11 – Disposição dos painéis no local de ensaio .....	55
Figura 12 – Execução do ensaio de arrancamento por tração .....	57
Figura 13 – Esquema do ensaio de arrancamento por tração para avaliação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos .....	58
Figura 14 - Dinamômetro portátil para o ensaio de tração .....	59
Figura 15– Detalhamento dos ensaios de arrancamento .....	61
Figura 16 – Determinação das dimensões do bloco cerâmico estrutural (NBR, 15270-3).....	64
Figura 17 - Desvio em relação ao esquadro - Representação esquemática - Bloco estrutural (NBR, 15270-3).....	65
Figura 18 - Determinação da Planeza das faces - Representação esquemática - Bloco estrutural (NBR, 15270-3). .....	65
Figura 19 – Dimensões nos blocos de concreto (NBR 12118, 2013)....	70

Figura 20 – Ensaio de resistência à tração na flexão e resistência à compressão de acordo com a NBR 13279 (2005).....	74
Figura 21 - Granulometria da areia usada segundo BS 1200 (1976) ....	77
Figura 22 – Esquema do ensaio de arrancamento por tração para avaliação da aderência de revestimentos cerâmicos.....	82
Figura 23 – Disposição dos painéis no local de ensaio .....	83
Figura 24 - Box-Plot da variável Tensão por TIPO DE BLOCO.....	89
Figura 25 - <i>Box-Plot</i> da variável Tensão por TIPO DE SUBSTRATO	90
Figura 26 - <i>Box-Plot</i> da variável Tensão por TIPO DE ARGAMASSA COLANTE .....	91
Figura 27 - Box-Plot da variável TENSÃO .....	92
Figura 28 - Histograma da variável TENSÃO .....	93
Figura 38 – Gráfico geral com as resistências de aderência à tração ....	96
Figura 39 – Gráficos com as resistências de aderência à tração, separados por substratos.....	97
Figura 31 - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre a Alvenaria – Utilizando Argamassa Colante do Tipo ACII .....	144
Figura 32 - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre a Alvenaria – Utilizando Argamassa Colante do Tipo AC CG .....	144
Figura 33 - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre o Chapisco – Utilizando Argamassa Colante do Tipo AC CG .....	145
<b>Figura 34</b> - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre o Emboço – Utilizando Argamassa Colante do Tipo AC CG.....	145
Figura 35 - Box-Plot da variável TENSÃO TRANSFORMADA .....	148
Figura 36 - Histograma da variável TENSÃO TRANSFORMADA ..	149
Figura 37 - Box-Plot da variável Tipo de bloco.....	152
Figura 38 - Box-Plot da variável Tipo de substrato .....	153
Figura 39 - Box-Plot da variável Tipo de argamassa colante.....	153
Figura 40 - Gráfico de normalidade dos resíduos .....	157
Figura 41 - Valor predito X Resíduos .....	157

Figura 42 - Histograma dos Resíduos .....	158
Figura 43 – Ordem das observações X Resíduos .....	158



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos revestimentos cerâmicos quanto à absorção de água Fonte: NBR 13817(1997) - adaptado.....	36
Tabela 2 – Valores de módulo de elasticidade (E) de materiais que constituem os substratos e as camadas de revestimento cerâmico de fachadas (Fonte: Medeiros, 1999). .....	47
Tabela 3 - Classificação dos painéis.....	52
Tabela 4 – Classificação dos blocos utilizados na pesquisa .....	63
Tabela 5 - Ensaio realizados nos blocos cerâmicos e a norma utilizada .....	64
Tabela 6 - Ensaio realizados nos blocos e a norma utilizada.....	69
Tabela 7 - Classificação dos blocos de concreto utilizados na pesquisa	70
Tabela 8 - Características do traço .....	74
Tabela 9 - Massa unitária do cimento.....	75
Tabela 10 - Massa unitária da cal, NBR NM 45 (2006).....	75
Tabela 11 – Composição granulométrica da areia, NBR 7211(2009)...	76
Tabela 12 – Características físicas da areia .....	77
Tabela 13 – Características das argamassas colantes .....	78
Tabela 14 – Características das argamassas de rejuntamento .....	79
Tabela 15 – Características dos revestimentos cerâmicos .....	80
Tabela 16 - Estatísticas descritivas da resistência de aderência à tração, nas três idades ensaiadas, por Tipo de Bloco, Substrato e Argamassa Colante .....	88
Tabela 17- Análise dimensional do Bloco Cerâmico Liso (BL) .....	109
Tabela 18- Análise dimensional do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR) .....	110
Tabela 19 - Absorção de água do Bloco Cerâmico Liso (BL) .....	111
Tabela 20 - Absorção de água do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR)..	111
Tabela 21- Taxa Inicial de Absorção do Bloco Cerâmico Liso (BL)..	112

Tabela 22- Taxa Inicial de Absorção do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR).....	113
Tabela 23- Área Líquida do Bloco Cerâmico Liso (BL).....	114
Tabela 24- Área Líquida do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR).....	115
Tabela 25- Massa Unitária do Bloco Cerâmico Liso (BL) .....	115
Tabela 26- Massa Unitária do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR).....	116
Tabela 27- Análise dimensional do Bloco de Concreto (BC) .....	117
Tabela 28- Absorção de água do Bloco de Concreto (BC) .....	118
Tabela 29- Taxa Inicial de Absorção do Bloco de Concreto (BC).....	119
Tabela 30- Área Líquida do Bloco de Concreto (BC).....	120
Tabela 31- Massa Unitária do Bloco de Concreto (BC) .....	120
Tabela 32- Resistência à Compressão da Argamassa de Assentamento e Revestimento – corpo de prova (5x10)cm .....	121
Tabela 33- Resistência à Compressão da Argamassa de Assentamento e Revestimento – corpo de prova (4x4x16)cm .....	121
Tabela 34 - Resistência à Tração na Flexão da Argamassa de Assentamento e Revestimento – corpo de prova (4x4x16)cm.....	122
Tabela 35 - Resistência de Aderência à Tração dos Revestimentos Cerâmicos com Idade de 28 dias.....	123
Tabela 36 - Resistência de Aderência à Tração dos Revestimentos Cerâmicos com Idade de 98 dias.....	130
Tabela 37 - Resistência de Aderência à Tração dos Revestimentos Cerâmicos com Idade de 196 dias.....	137
Tabela 38 - Estatísticas descritivas da variável Tensão ANTES e APÓS a transformação.....	147
Tabela 39 - Estatísticas descritivas da Raiz <sup>2</sup> (Tensão) por fator .....	150
Tabela 40 - Tabela ANOVA .....	154
Tabela 41 - Tabela de comparações múltiplas – IDADE.....	155
Tabela 42 - Tabela de comparações múltiplas – TIPO DE BLOCO...	155

Tabela 43- Tabela de comparações múltiplas – TIPO DE SUBSTRATO  
..... 156



## **LISTA DE SIGLAS**

AC CG – Argamassa Colante Especial para Camada Grossa

ACII – Argamassa Colante do Tipo II

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento

ANOVA – Análise de Variância

BC – Bloco de Concreto

BL – Bloco Liso (cerâmico)

BR – Bloco Ranhurado (cerâmico)

CP – Corpo de Prova

DB – Direto no Bloco

E – Emboço

GLM – Modelo Linear Geral Univariado

LMCC – Laboratório de Materiais de Construção Civil

SC – Só Chapisco



## RESUMO

A indústria da construção de edifícios vem buscando discutir a implementação de novas tecnologias construtivas para aumento da eficiência e qualidade. Com o advento do uso da alvenaria estrutural em edifícios multi ou uni familiares, desde habitações de baixa renda até habitações de alto luxo, assim como edifícios comerciais e industriais, torna-se necessário racionalizar as técnicas, métodos e processos construtivos utilizados neste sistema construtivo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de revestimentos cerâmicos quanto a sua resistência de aderência à tração, quando aplicados diretamente sobre a alvenaria de blocos estruturais. Para tanto, foram moldados três tipos de painéis, sendo eles com: bloco cerâmico liso, bloco cerâmico ranhurado e bloco de concreto, os quais foram construídos para simular o comportamento de paredes estruturais revestidas com diferentes tipos de substrato (revestimento cerâmico aplicado diretamente sobre o bloco, aplicado sobre o chapisco e também sobre chapisco+emboço) e dois tipos de argamassa colante (ACII – argamassa colante tipo II e AC CG - argamassa colante para camada grossa). Todos os painéis foram revestidos com placas cerâmicas de dimensões 30x30cm e ficaram expostos ao tempo e suas intempéries, como variação de temperatura, umidade relativa e vento. Os ensaios de resistência de aderência à tração realizados nos revestimentos cerâmicos foram repetidos em três idades (28, 98 e 196 dias) e no total foram obtidos 648 resultados. Para a análise de dados foi necessário avaliar e interpretar a relação entre as diversas variáveis do experimento, para tanto foi necessária uma análise estatística, para tal foi usada a análise de variância (ANOVA) com quatro fatores. Conclui-se com base nos resultados deste trabalho, que: se for seguido à mesma forma de execução, no que diz respeito, à planeza da parede, a qualidade e características dos materiais usados neste trabalho, é possível, tecnicamente, ser aplicado o revestimento cerâmico (30x30cm) com argamassa colante do tipo ACII, diretamente sobre a alvenaria de bloco estrutural cerâmico ou de concreto, desta forma reduzindo o custo de materiais, mão de obra e tempo de execução, sem perder a qualidade das obras.

**Palavras-chave:** resistência de aderência à tração, revestimento cerâmico, bloco de concreto, bloco cerâmico.



## ABSTRACT

The industry of housing has been willing to discuss the implementation of new building technologies to increase efficiency and quality. With the advent of the use of structural masonry in multi or single family buildings, since low-income housing to upscale luxury homes as well as commercial and industrial buildings, it is necessary to streamline the techniques, methods and construction procedures used in this construction system. Thus, the present study aimed to evaluate the performance of ceramic tiles as its tensile bond strength when applied directly to the block's masonry. For this purpose, three types of panels were molded, namely with: flat ceramic block, slotted ceramic block and concrete block panel. The panels were built to simulate the behavior of structural walls coated with different types of substrate (ceramic coating applied directly over the block, applied to the roughcast and also on roughcast + plaster) and two types of adhesive mortar ( ACII - adhesive mortar type II AC and GC - adhesive mortar for thick layer). All panels were coated with ceramic tile of dimensions 30x30cm and were exposed to the weather and its elements, as changes in temperature, relative humidity and wind. The Tensile bond strength tests conducted on the tiles were repeated at three ages (28, 98 and 196 days) and 648 total results were obtained. For the data analysis was necessary evaluate and interpreter the relationship between the variables of the experiment, for that was made a statistical analysis using analysis of variance (ANOVA) with four factors. Based on the results of this study we conclude that: the coating, if followed the same execution proceed, considering the flatness of the wall, the quality and characteristics of the materials used in this study, it can technically be applied ceramic (30x30cm) with adhesive mortar type ACII, directly on the ceramic structural masonry block or concrete, thereby reducing the cost of materials, labor and execution time, without losing the quality of the work.

**Keywords:** tensile bond strength, ceramic tiles, ceramic block, concrete block

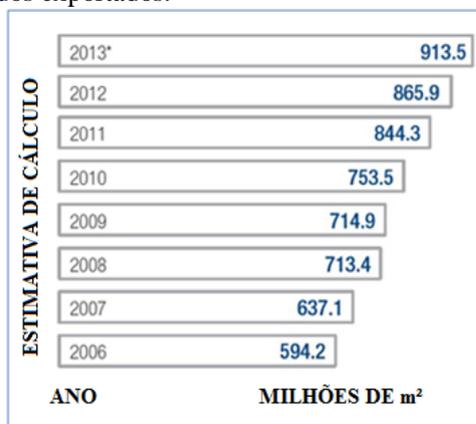


# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

Nos últimos anos, a indústria de revestimentos cerâmicos, assim como outros segmentos industriais, tem sofrido os efeitos da globalização da economia, pois ao mesmo tempo em que mostra novas oportunidades de mercado, também apresenta ameaças às empresas participantes de um dado mercado nacional. Inclui-se a esse fato outros aspectos como nível de atividade da economia dos países, o desenvolvimento de produtos substitutos, o desempenho da indústria da construção civil de cada país, entre outros. Esses fatores, em conjunto, têm favorecido o crescimento da produção mundial de revestimentos, que se deve também a significativos avanços tecnológicos. Os quais têm permitido às empresas deste setor, aumentar a produtividade dos seus recursos e melhorar a qualidade dos produtos, atendendo às demandas do mercado (BNDES, 2006).

O Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, ocupando a segunda posição em produção e consumo. Segundo dados da ANFACER, em 2012 foram produzidos 865,9 milhões de metros quadrados (Figura 1), para uma capacidade instalada de 1004 milhões de metros quadrados. E as vendas totais atingiram 862,1 milhões de metros quadrados, sendo 803,3 milhões de metros quadrados vendidos no mercado interno e 58,8 milhões de metros quadrados exportados.



**Figura 1** - Produção Brasileira de Revestimentos cerâmicos (Fonte: ANFACER, 2013).

Os programas de incentivo do governo que facilitam a compra da casa própria contabilizam o aumento da demanda por habitação no mercado interno. Esse avanço, aliado ao crescimento do mercado externo, tornam ainda mais competitivo o cenário atual, e tem levado às empresas a adotarem estratégias competitivas e de produção para conseguirem se posicionar e manterem-se no mercado. Outros fatores como: a abundância de matéria-prima natural, a disponibilidade de energia e o acesso a tecnologia de processo embutidas em máquinas e equipamentos estão aliados ao desenvolvimento da produção de revestimentos cerâmicos no Brasil.

Silva (2003) relata que além da importância econômica do setor de revestimentos cerâmicos, percebe-se também uma preocupação com a qualidade dos materiais utilizados na sua execução. Tal fato pode ser constatado pela inclusão das placas cerâmicas para revestimento e da argamassa colante na cesta básica de materiais do Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade do Habitat – PBQP-H. Esta inclusão teve como objetivo elaborar mecanismos específicos que visam a utilização de materiais em não conformidade com as normas técnicas. E assim, garantam que as argamassas colantes e os revestimentos colocados à disposição dos usuários na Construção Civil apresentem desempenho satisfatório.

Segundo dados do CONSITRA (2003), no Brasil o sistema de revestimento de argamassa com acabamento em pintura ou com acabamento em placas cerâmicas continua sendo um método construtivo de amplo e contínuo uso, empregado na quase totalidade das fachadas dos edifícios multi ou uni familiares, desde habitações de baixa renda até habitações de alto luxo, e em edifícios comerciais e industriais.

Assim, estudos voltados para as características que interferem no desempenho mecânico dos revestimentos de fachada é um assunto atual na Construção Civil brasileira, principalmente pelos contínuos esforços para evitar o surgimento de manifestações patológicas.

## **1.2 Justificativa**

Nos últimos quarenta anos diversos programas têm sido implementados pelos governos na tentativa de acabar ou diminuir o déficit habitacional. No campo da construção civil, o que se pode observar nesta trajetória é que, apesar de todas as dificuldades, o atraso tecnológico que caracteriza o setor vem sendo superado progressivamente por meio de constantes transformações que têm sido introduzidas em seu processo de produção, que buscam principalmente a racionalização e otimização dos processos envolvidos na construção.

É necessário racionalizar as técnicas, métodos e processos construtivos, no intuito de reduzir custos de materiais e mão de obra, sem perder a qualidade das obras, além de oferecer um preço justo ao consumidor final.

A aplicação das diretrizes de racionalização construtiva se constitui em uma alternativa para a evolução tecnológica dos processos e sistemas construtivos. E tudo depende da definição da execução de tarefas, pois nelas devem estar embutidos os conceitos ligados à construção (FRANCO, 1998).

Para Barros (1998), os revestimentos cerâmicos de fachada no país, na sua grande maioria são aplicados pelo método denominado aderido, e tem sido tema de muitas pesquisas, assim como preocupação de muitas empresas construtoras, seja por sua participação no custo final do edifício, seja por interferirem decisivamente no planejamento da execução, ou ainda por se tratarem de uma das maiores fontes de manifestações patológicas em edificações.

A intensidade com que ocorrem as manifestações patológicas em revestimentos de fachada pode ser explicada em função de ser este o primeiro elemento da edificação a sofrer a ação dos efeitos das intempéries e variações nas condições climáticas, sendo solicitado por um ambiente cada vez mais agressivo, com a presença de chuva ácida e poluição.

Por isto, muito se têm investido em pesquisas na busca de tecnologias que racionalizem a produção e que minimizem a incidência de manifestações patológicas neste subsistema.

Neste sentido, busca-se a possibilidade da aplicação dos revestimentos cerâmicos diretamente sobre a alvenaria ou somente sobre o chapisco, eliminando assim a camada de chapisco+emboço e até mesmo a camada de chapisco.

Darini (2006) apresenta uma metodologia para aplicação de revestimentos cerâmicos diretamente sobre bloco de concreto, e conclui que está técnica construtiva racionalizada pode reduzir o cronograma da obra, pois dispensa as fases chapisco, emboço e reboco. No entanto, aponta como restrição técnica o seu uso sobre estruturas reticuladas em concreto armado com fechamento em bloco cerâmico, devido às movimentações advindas deste tipo de aplicação, frente as diferenças nos coeficientes de dilatação higrótérmica, principalmente na interface dos materiais, pois o emboço tem como uma de suas funções absorver as diferenças de movimentação entre os componentes, movimentação esta que não pode ser absorvida pela cerâmica.

Em outro momento o autor relata que pelas vantagens como estabilidade dimensional e planicidade, imprescindível para a precisão dimensional, esta técnica somente poderá ser aplicada em obras de alvenaria estrutural (Figura 2).



**Figura 2-** Exemplo de aplicação de revestimento cerâmico direto sobre o bloco de concreto (Fonte: DARINI, 2006).

Em relação às demais pesquisas já realizadas no Brasil sobre revestimento cerâmico, este trabalho se diferencia por se tratar principalmente da aplicação do revestimento cerâmico diretamente sobre a alvenaria de blocos estruturais cerâmicos e de concreto.

E sendo assim, a realização deste trabalho se justifica, não só por seus aspectos científicos, técnicos, econômicos e de desempenho, mas também por representar uma busca pela racionalização na execução de revestimentos cerâmicos de fachada e pela melhoria da qualidade dos mesmos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Principal**

Tendo em vista a procura por qualidade e economia, o presente trabalho teve como objetivo estudar e avaliar o desempenho de revestimentos cerâmicos quanto a sua resistência de aderência à tração aplicada diretamente sobre a alvenaria de blocos estruturais.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Avaliar resistência de aderência à tração em revestimentos cerâmicos internos assentados com argamassa colante tipo AC CG e ACII diretamente na alvenaria de blocos estruturais cerâmicos e de concreto;

- Avaliar resistência de aderência à tração em revestimentos cerâmicos internos assentados com argamassa colante tipo AC CG diretamente sobre a camada de chapisco em alvenaria de blocos estruturais cerâmicos e de concreto;

- Avaliar resistência de aderência à tração em revestimentos cerâmicos internos assentados com argamassa colante tipo AC CG diretamente sobre a camada de emboço em alvenaria de blocos estruturais cerâmicos e de concreto;

- Comparar a influência do tipo de substrato na resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos.



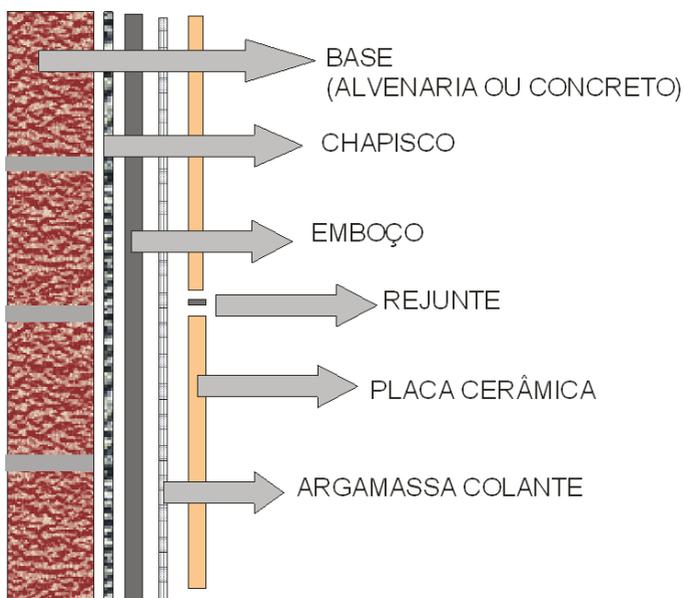
## 2. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Os revestimentos cerâmicos têm ampla utilização na construção civil, tanto em paredes, como em pisos, tendo como principais finalidades, a redução da absorção de água pela superfície em que está aplicado, proteção da base contra agentes agressivos, de natureza química ou não, e fornecer beleza estética ao ambiente. No entanto, os revestimentos devem cumprir suas funções e requisitos de desempenho independente do tipo ou da tecnologia empregada na sua produção.

Conforme Campante e Baía (2008), o revestimento cerâmico deve ser caracterizado por um sistema composto por camadas sucessivas, que devem formar um conjunto que apresente um comportamento monolítico aderido ao substrato (emboço) e este à base (alvenaria ou concreto armado). A base não faz parte do sistema, mas é fundamental para seu desempenho global.

### 2.1 Componentes do Revestimento Cerâmico

Na grande maioria das construções, o sistema de revestimento cerâmico em paredes é composto conforme a Figura 3.



**Figura 3** – Esquema do revestimento cerâmico com a argamassa colante

### **2.1.1 Base**

A base é o substrato constituído por superfície plana de paredes constituídas de alvenaria de blocos que podem ser: cerâmicos, vazados de concreto, concreto celular ou blocos sílico calcários, e revestidas com chapisco e emboço sobre o qual é aplicada a argamassa colante, para assentamento das placas cerâmicas (NBR 13755, 1997).

### **2.1.2 Substrato**

O substrato geralmente é o emboço e deve promover o nivelamento da superfície, permitindo adequada ligação com a camada posterior de argamassa colante.

A função do emboço é de regularizar a base (alinhamento, prumo) e servir de suporte para o assentamento das placas cerâmicas. As argamassas de emboço são comumente constituídas de agregado miúdo e argamassa mista constituída de aglomerantes (cimento e cal hidratada).

A influência das dosagens das argamassas para emboço na aderência de revestimentos cerâmicos externos foi avaliada por Mibielli e Roman (1995), onde testaram diferentes traços de argamassa convencional e com aditivo. Neste trabalho, não foram consideradas as variações significativas de temperatura para as paredes ensaiadas. E com base nos ensaios, concluíram que o tipo de traço da argamassa determina a camada onde se produz a ruptura.

As argamassas devem ser capazes de absorver deformações em razão da movimentação térmica e diferencial entre componentes, devem ser aderentes ao substrato (rugosidade da base), possuir plasticidade para facilitar a trabalhabilidade, resistência ao impacto e ao desgaste superficial, além de baixa permeabilidade ou impermeabilidade à água.

Just e Franco (2001) apontam que o emboço deverá apresentar algumas características que poderão vir assegurar a sua qualidade e são elas: retenção de água, o consumo de cimento, a função da cal e a retração por secagem.

No entanto, Sabbatini et al. (1989) cita outras propriedades como: trabalhabilidade, aderência, resistência mecânica e capacidade de absorver deformações.

O emboço ao ser executado e aplicado de forma adequada, não acarretará em problemas para as próximas camadas. No entanto, o domínio do processo de produção do emboço deverá ser respeitado, assim como as normas relacionadas a execução em vigor, bem como as

especificações de projeto. Fatores que resultarão em uma produção dentro de parâmetros adequados para o bom desempenho do revestimento.

Cabe citar a NBR 13749 (1996) que recomenda que a espessura dos revestimentos argamassados (argamassa de emboço), deve estar compreendida entre 5 e 20 mm para revestimentos internos e entre 20 e 30 mm para revestimentos externos.

Cincotto et al. (1995), notaram a existência de uma grande variabilidade dos traços utilizados nas argamassas de emboço. Segundo os autores, os traços variam de 1:1,5 a 1:4,5 com composição de cimento, cal e areia e os mais comumente utilizados são: 1:1:3; 1:1:5,5; 1:3:7; 1:2:9 e 1:2:11 (proporções em volume).

Vale ressaltar que a especificação da argamassa quando definida pelo projeto de revestimento, deve ser mantida permitindo a padronização de suas propriedades. No entanto, na composição da especificação dos traços das argamassas deve-se levar em consideração as exigências do local onde as argamassas serão aplicadas.

### **2.1.3 Argamassa colante ou adesiva**

A argamassa colante tem a função de promover a ligação da peça cerâmica com o substrato

A NBR 14081 (2004) define argamassa colante industrializada como:

“Produto industrial, no estado seco, composto de cimento portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento”.

Para a realização da camada de fixação, o material mais utilizado na fixação dos componentes cerâmicos no Brasil é a argamassa colante, sobretudo pelas vantagens do próprio material, como também, pelas vantagens do método de execução, quando também comparada ao método convencional. A seguir, são listadas essas vantagens (SABBATINI et. al., 1989):

- Melhor desempenho, por promover melhor resistência de aderência que as argamassas convencionais;
- Processo simples de execução, estabelecido e normatizado, o que aumenta a produtividade e reduz o tempo de execução;

- Retração controlada (quando empregada na espessura indicada o que não permite a criação de tensões significativas nas interfaces de aderência).

A escolha da argamassa colante vai depender do local de sua aplicação, assim como as suas propriedades, designadas pela NBR 14081 (2004), e que são classificadas em:

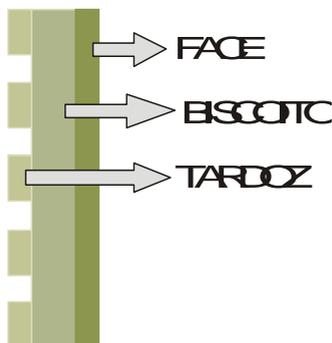
- ACI: “Argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termoigrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais”;
- ACII: “Argamassa colante industrializada com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a ciclos de variação termoigrométrica e a ação do vento”;
- ACIII: “Argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos I e II”;
- Tipo E: “Argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, com tempo em aberto estendido”.

### **2.1.4 Placa Cerâmica**

Segundo a NBR 13816 (1997), placa cerâmica para revestimento é definida como um material composto por argila e outras matérias-primas inorgânicas geralmente utilizadas para revestimento pisos e paredes. As peças são conformadas por extrusão ou por prensagem e em seguida são secadas e queimadas a altas temperaturas. Podem ser esmaltadas ou não esmaltadas

A Figura 4 detalha as três partes de que o revestimento cerâmico é composto, as quais são:

- Face – Superfície de uso da placa cerâmica que possui cobertura vitrificada impermeável.
- Biscoito – Corpo do revestimento. É a face inferior da face esmaltada, formada de argila e outras matérias primas.
- Tardoz – face da placa cerâmica que fica em contato com a argamassa de assentamento e tem como função melhorar aderência com o substrato.



**Figura 4** – Partes do revestimento cerâmico

## **2.2 Classificações das Cerâmicas para Revestimento**

A absorção de água é considerada um dos principais parâmetros utilizados para a classificação das cerâmicas e possui influência direta em outras propriedades do produto. Como exemplo podemos citar a sua relação com a resistência mecânica, a qual é maior, quanto mais baixa for a sua absorção.

Em função da taxa de sucção, a absorção poderá determinar também o desempenho da aderência do material cerâmico frente à argamassa colante, ou seja, a existência de alta sucção inicial pode causar falta de água na argamassa, na região da interface de aderência, necessária para a hidratação dos compostos cimentícios.

Visando promover a especificação correta para uso a NBR 13817 (1997) trata da classificação das placas cerâmicas, e apresenta os grupos de absorção de água os quais são classificados conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** - Classificação dos revestimentos cerâmicos quanto à absorção de água Fonte: NBR 13817(1997) - adaptado

Absorção de água (%)	Grupo	Características	Produto
<0,5	Grupo BIa	Baixa absorção e resistência mecânica alta	Grês-porcelanato
De 0,5 a 3	Grupo BIb	Baixa absorção e resistência mecânica alta	Grês
De 3 a 6	Grupo BIIa	Média absorção e resistência mecânica média	Semi-Grês
De 6 a 10	Grupo BIIb	Alta absorção e resistência mecânica baixa	Semi-poroso
10,0-AA	Grupo IBII	Alta absorção e resistência mecânica baixa	Poroso

A classificação dos revestimentos não se limita, no entanto, apenas à absorção de água, existindo também classificações quanto aos seguintes critérios:

- Esmaltadas e não esmaltadas;
- Métodos de fabricação;
- Classes de resistência à abrasão superficial;
- Classes de resistência ao manchamento;
- Classes de resistência ao ataque de agentes químicos,
- Aspecto superficial ou análise visual.

### 2.3 Desempenho dos Revestimentos

A aderência tem papel fundamental no desempenho dos revestimentos cerâmicos e poderá determinar, juntamente com as propriedades físicas dos materiais, uma maior ou menor durabilidade do sistema.

Segundo Carasek (1991), uma das maiores razões de falha no desempenho das argamassas de revestimento está relacionada com a perda ou com a falta de aderência ao substrato. Este conceito pode, no entanto, também ser aplicado a outros materiais de revestimento, como as cerâmicas.

O desempenho satisfatório da ancoragem depende de diversos fatores incidentes na superfície onde o revestimento está assentado. Entre eles, pode-se citar sobrecarga ou processo de fadiga, causado por variações de umidade e temperatura.

Para um desempenho adequado do revestimento cerâmico, não bastará, portanto, entender o fenômeno de aderência e buscar a

utilização de adesivos com características desejáveis, visto que outros fatores, além dos citados, como a qualidade do material cimentante, porosidade da cerâmica, formação do tardo e rugosidade da base, trazem grande influência para o desempenho do revestimento cerâmico.

Fiorito (2009) cita a influência da mão de obra no desempenho dos revestimentos cerâmicos. Segundo ele, o revestimento terá maior ou menor grau de aderência em função dos cuidados dispensados pela mão de obra na preparação das superfícies que irão receber as camadas subsequentes.

Já Guan et al. (1997a) avaliaram o desempenho de revestimentos cerâmicos em substratos de concreto submetidos a condições climáticas predominantes nas regiões tropicais.

Neste trabalho foi considerada a variação da temperatura, umidade e chuvas incidentes, a influência da radiação solar (influência sobre cerâmicas com diferentes colorações) e também foram utilizados diferentes tipos de argamassas. Para simular estas condições, utilizaram câmara climática, onde painéis construídos em alvenaria e revestidos com cerâmicas sofreram a influência destas variáveis em diferentes combinações, em conjuntos de 56 e 112 ciclos.

Após, os painéis, passarem por estas simulações, foram feitos os ensaios de aderência à tração (com equipamento de aplicação de carga manual) e ensaios de aderência por cisalhamento, onde não houve detalhamento dos procedimentos utilizados, sendo somente citada a utilização de um macaco hidráulico com acionamento manual e leitura de carga feita com célula de carga acoplada a um computador.

Os autores observaram que, de uma maneira geral, as resistências de aderência das diversas argamassas obtidas pelos ensaios de arrancamento e cisalhamento foram maiores que aquelas observadas em painéis não submetidos aos ciclos climáticos.

Com base nos resultados apresentados pelos autores, a comparação dos métodos de ensaio não é viável. Entretanto, através da associação destes métodos, eles concluíram que os efeitos climáticos estudados não afetam significativamente os revestimentos. E que em uma exposição a uma quantidade maior de ciclos climáticos, os efeitos destes, sobre a aderência, devem começar a se manifestar, reduzindo as resistências de aderência.

Ainda, Guan et al. (1997b), porém em um trabalho posterior, avaliaram a influência da mão de obra utilizando novamente uma câmara climática para estudar o efeito do envelhecimento, através de ciclos de temperatura e umidade aplicados nos revestimentos.

Neste estudo foram confeccionados oito painéis idênticos, compostos por três conjuntos de nove peças cerâmicas. Cada conjunto foi assentado com um tipo diferente de argamassa: um com argamassa de cimento e epóxi, outro com argamassa de cimento com polímero e outra com argamassa colante industrializada.

Em um dos oito painéis, a resistência de aderência do revestimento cerâmico foi determinada aos 28 dias de idade, e os sete painéis restantes foram submetidos a conjunto de 56 ciclos climáticos, sendo cada ciclo com duração de 3 horas. Desta forma, ensaiaram-se painéis com 56, 112, 168, 224, 280, 336 e 392 ciclos.

De acordo com o trabalho apresentado por Guan et al. (1997b), fica comprovada a influência da qualidade da mão de obra no desempenho dos revestimentos cerâmicos, que segundo os autores é drástica quando associada às influências climáticas.

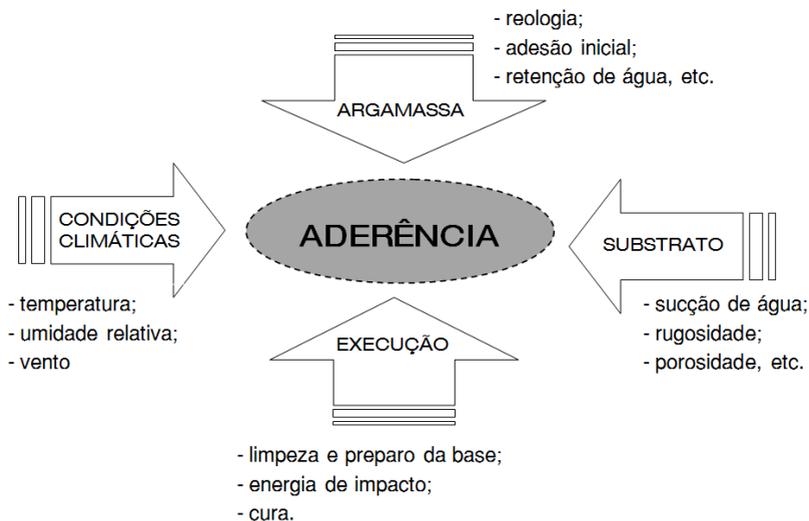
Os autores concluem também, que o próprio sistema de revestimento cerâmico, pelas suas características de sistema compósito, contribui para o surgimento de tensões que tendem a separar as camadas de revestimento.

Como é através do fenômeno da aderência que faz com que as camadas fiquem ligadas entre si, qualquer deformação que se manifeste em uma destas camadas será transferida para as outras subsequentes, e resultando em tensões atuantes nas interfaces dos materiais, sendo que estas tensões podem se manifestar de diversas formas.

### **2.3.1 Aderência de revestimentos cerâmicos**

Carasek (2007) conceitua aderência como a capacidade da argamassa resistir a tensões normais ou tangenciais ao plano da interface entre camadas, ou seja, é a capacidade mecânica de resistir a esforços normais de tração, ou tangenciais de cisalhamento.

A autora ainda conclui que quanto melhor for o contato entre a argamassa e o substrato maior será a aderência obtida. Devido aos mecanismos de ligação, a aderência está diretamente relacionada com a trabalhabilidade (ou reologia) da argamassa, com a energia de impacto (no processo de execução), além das características e propriedades dos substratos, assim como de fatores externos (Figura 5).



**Figura 5** - Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas colantes (adaptado de Carasek, 2007).

Cabe levar ainda outra consideração apresentada por Roman et. al. (2000a) sobre o fenômeno aderência: “se caracteriza como um processo químico, físico e mecânico que se instala entre diversos materiais empregados na construção das paredes revestidas”.

Os autores ainda apontam que devido aos esforços que tiver submetido o sistema, com o passar do tempo às forças de aderência podem perder intensidade ou mesmo deixar de existir, provocando o descolamento das camadas e comprometendo a segurança do local, pois pode atingir objetos ou até mesmo pessoas que estiverem nas proximidades.

Para Ohama (1984) a ancoragem mecânica é constituída pela adesão entre revestimentos cerâmicos e argamassas colantes e depende diretamente do grau de penetração e endurecimento dos compostos hidratados do cimento nos poros e reentrâncias do tardo cerâmico. O mecanismo de aderência geralmente é afetado pela relação polímero/cimento, assim como pelas propriedades dos substratos usados.

Quanto à aderência Gallegos (1995), explica que quando a argamassa entra em contato com a placa cerâmica, esta irá absorver água, em quantidades variáveis que dependem da porosidade do

material. A água irá transportar materiais cimentícios, os quais começarão a ocupar espaços capilares que ao cristalizar, este material cimentício irá proporcionar o travamento entre as unidades.

Dessa forma, cada componente do sistema de revestimento cerâmico ficará mecanicamente aderido aos outros devido ao material cimentante. A força desta adesão, segundo Gallegos (1995), será resultante do produto entre a tensão de aderência e a extensão da área de contato.

Importa acrescentar também as considerações de Domínguez (1993) que aponta que o fenômeno de penetração da pasta de aglomerante na rede capilar dos materiais é favorecido pela porosidade da base, sendo mais difícil em superfícies pouco absorventes. O travamento entre o material cimentante e os poros da base é denominado então de aderência mecânica.

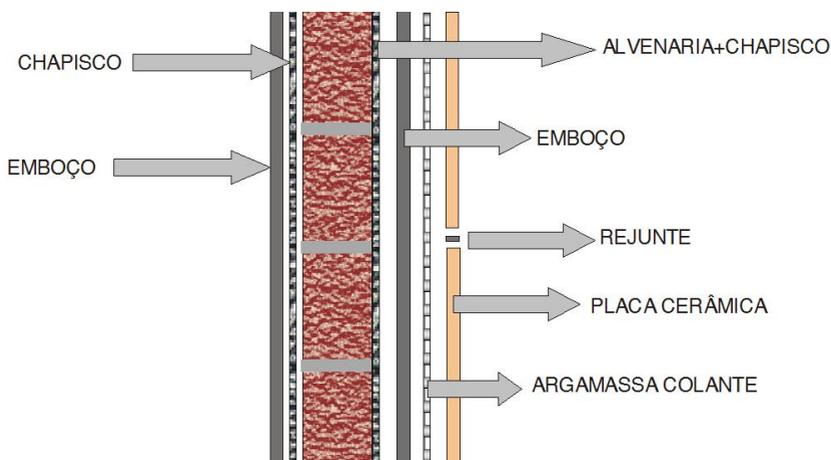
O processo de aderência pode ser considerado um fenômeno essencialmente mecânico devido à ancoragem da argamassa ao substrato e depende da associação de três características da interface revestimento / base de aplicação:

- Resistência de aderência à tração
- Resistência de aderência ao cisalhamento
- Extensão da aderência (área de contato efetivo/área total possível de ser unida).

## **2.5 Tensões Impostas aos Revestimentos**

O sistema de revestimento cerâmico contém um conjunto heterogêneo de materiais, composto por base ou substrato, emboço, adesivo e cerâmica, Este sistema sofre diversas influências, as quais poderão afetar seu desempenho, sendo as principais: movimentações estruturais, fatores climáticos e fatores relacionados com a forma de assentamento e condições de uso do local.

Um sistema completo e usual de uma alvenaria revestida com materiais cerâmicos pode ser visualizado na Figura 6.



**Figura 6** – Sistema usual de revestimentos cerâmicos

Como pode ser notado, considerando-se a existência de chapisco nas duas faces da parede, existem oito camadas de diferentes materiais, com diferentes espessuras e propriedades distintas. Estes materiais poderão sofrer maior ou menor influência das variações climáticas, dependendo da posição em que se encontram no sistema, ou seja, mais próximos à face interna da habitação ou mais próximos à face externa. E quanto mais próximos à face externa, o sistema estará também sujeito a variações bruscas de temperatura, radiação solar direta e ações de incidência de chuva.

A tendência destes materiais, sob as ações a eles impostas, de forma geral, é a de sofrerem movimentações que irão atuar no sentido de gerar descolamentos e causar fissurações, com diferentes níveis de intensidade, segundo as características do material e grau de exposição a agentes agressivos.

As camadas de diferentes materiais que compõem o sistema cerâmico apresentam variadas resistências, módulos de elasticidade, capacidades de deformação e coeficientes de dilatação térmica e, quando expostas às ações externas, irão determinar variações dimensionais do conjunto. As variações de temperatura produzem deformações diferenciais entre as camadas que, impedidas pela ligação das interfaces, levam ao surgimento de tensões. Estas tensões poderão causar o aparecimento de fissuras internamente em cada material e nas interfaces de aderência entre as diversas camadas.

Segundo Domínguez (1993), as fissuras, no entanto não se limitam somente a origens térmicas, adiciona-se a estas as origens mecânicas, higroscópicas e químicas.

Porém, em uma situação idealizada, a fissuração pode ser evitada caso os materiais que compõem um sistema construtivo tenham a tendência a se deformar numa mesma ordem de grandeza, pois desta forma, não haverá deformações diferenciais e não surgirão tensões nas interfaces. Assim, o movimento do conjunto não irá afetar a durabilidade da edificação. Caso contrário, existindo uma desarmonia entre os materiais (situação real), será praticamente impossível evitar a influência de solicitações externas na durabilidade do sistema.

Cincotto et al. (1995), ainda sobre fissuras, explicam que a ocorrência das mesmas “decorre da elasticidade e resistência à tração inadequada diante das tensões de tração resultantes da retração de secagem, retração térmica ou ações externas ao revestimento”. Os autores complementam, explicando que “a resistência ao cisalhamento da interface base/argamassa condiciona o espaçamento entre fissuras, sendo que diante do aumento desse espaçamento, cresce o risco de descolamento”.

## **2.6 Causas de Separação das Camadas de Revestimentos**

O destacamento das peças cerâmicas irá ocorrer, quando as movimentações romperem as ligações físicas produzidas pelo fenômeno de aderência, tanto por tensões de tração, como por esforço de cisalhamento (CARRIÓ, 1993).

As principais causas da separação entre as camadas dos revestimentos cerâmicos podem estar ligadas aos seguintes fatores como a variação de temperatura interna e externa entre os elementos e externa entre os componentes do revestimento, a retração hidráulica das argamassas de fixação ou de regularização, a variação da umidade relativa do ar, assim como a existência de sobrecargas, inclusive com vibrações de baixa frequência.

Devido aos fatores descritos as movimentações diferenciais nas diversas interfaces do sistema construtivo podem surgir ao longo do tempo, e podem atuar isoladas, combinadas simultaneamente ou sucessivamente.

Essa redução das forças de aderência por ação da ruptura gradual das ligações entre as camadas gera tensões no sentido de separar uma camada da camada seguinte, pelo efeito de cisalhamento nas interfaces, e posterior propagação de trincas e destacamento dos revestimentos cerâmicos.

### **2.6.1 Expansão por Umidade (EPU)**

Para Bauer e Rago (2000) os minerais que fazem parte na composição da matéria prima das placas cerâmicas possuem água em suas moléculas, e durante a fabricação, que consiste no processo de queima no forno, essa água é volatilizada. Após o processo de queima, no instante em que entram em contato com o ambiente externo, e durante meses e anos após a fabricação, ocorrerá a adsorção de água em forma de vapor de umidade natural, e do meio ambiente onde a placa cerâmica for assentada. A adsorção de água provoca um aumento das moléculas dos minerais, expandindo o corpo cerâmico.

Inicialmente ocorre uma expansão rápida nos primeiros dias e de forma lenta e reduzida em idades avançadas, podendo durar diversos anos.

Para Lira (1997) fatores que determinem a constituição mineralógica da peça cerâmica como: a composição da massa que dará origem a placa e a temperatura de queima são fatores que influenciam a expansão por umidade.

Para corpos cerâmicos de absorção de água próxima de zero a expansão por umidade poderá ser nula nestes casos. A ordem de grandeza desta deformação, segundo Fiorito (2009) varia normalmente entre 0,03 a 0,07 % após 2 anos de exposição ao ar.

Esta expansão irá gerar tensões na interface de aderência da cerâmica com a argamassa adesiva ao longo dos anos e, dependendo das características do sistema e dos materiais (resistência de aderência, porosidade, etc.) poderá determinar sua perda de eficiência que, associado a outros fatores, causará o desprendimento da peça.

Após a avaliação de formulação cerâmica adequada às características de processamento do material cerâmico, Menezes *et. al* (2006), concluem que, se privilegiando a formação de fases cristalinas, em detrimento das vítreas e amorfas, possibilitaria a minimização da EPU dos produtos finais.

### **2.6.2 Retração Hidráulica**

A retração hidráulica gera tensões internas que quando superam a resistência à tração do material, provoca fissuras que facilitarão a penetração de umidade, beneficiando sua expansão por movimentação higroscópica.

Entre outros, Cincotto (1995), complementa a informação de que o processo de retração também é influenciado pelos materiais utilizados

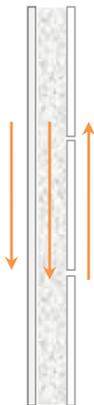
na argamassa, podendo variar segundo o tipo e teor de aglomerantes e quantidade de água da mistura.

No processo construtivo convencional o revestimento cerâmico é aplicado sobre argamassas que ainda estão em processo de retração, o que pode resultar em tensões na interface de aderência devido aos efeitos da retração, e para amenizar as tensões, a NBR 7200 (1998) recomenda que sejam aguardados pelo menos 21 dias antes da execução de camadas de acabamento decorativo sobre a camada de emboço.

Estudos apontam que a eliminação por completo da retração dos materiais cimentantes é praticamente inviável. Porém, podem-se minimizar as fissuras geradas por retração realizando procedimentos de cura adequados ou através da adição de aditivos para inibir este processo. A utilização de agregados com granulometria adequada também poderá ajudar a limitar a retração.

### 2.6.3 Movimentos da Camada de Suporte

A camada de suporte é definida como a superfície na qual está assentado o revestimento cerâmico. O suporte pode se movimentar por diversos motivos, entre os quais, movimento estrutural por dimensionamento incorreto de pilares, vigas ou fundações e movimentação por efeitos térmicos, efeitos de vento, entre outros (Figura 7).



**Figura 7** - Esquema de tensões de cisalhamento impostas ao revestimento devido às movimentações da camada de suporte.

Para a aplicação de um revestimento cerâmico, as características fundamentais que um suporte deve apresentar estão associadas às que garantam a qualidade final do sistema: revestimento cerâmico/suporte.

O suporte adequado a um revestimento cerâmico aderente deve apresentar-se limpo, isento de poeiras ou de substâncias que prejudiquem a sua aderência.

Os critérios para o controle de qualidade de um suporte dependem do tipo de revestimento que se quer aplicar e da sua exposição ao tempo e principalmente da utilização desejada.

Lopes (2009) adverte que a qualidade da colagem é influenciada pelas características do suporte a revestir, nomeadamente pela sua idade, constituição ou estado da superfície. O material constituinte condiciona a absorção de água e a interação química com a argamassa colante. O estado da superfície do suporte engloba conceitos como a coesão, a planeza, a rugosidade, ou o estado de limpeza. Estes que terão de serem parâmetros levados em conta na qualidade de projeto, e que serão considerados também, aspectos relacionados a durabilidade dos revestimentos cerâmicos.

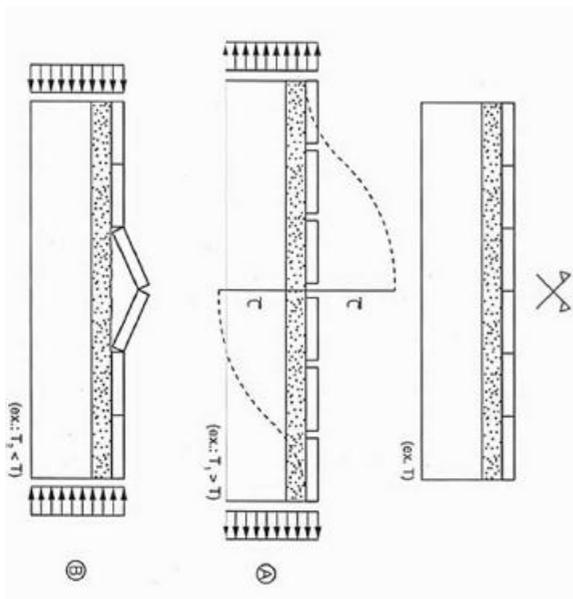
Todas as camadas estão intimamente ligadas segundo Fiorito (2009), no entanto existe maior ou menor grau de aderência, em função dos cuidados empregados pela mão de obra no preparo de cada camada e na preparação das superfícies que irão receber as camadas seguintes.

O autor ainda relata entre as deformações podem ser citadas:

“a retração da argamassa que liga os elementos da alvenaria, a retração da argamassa utilizada no emboço, recalque das fundações, as deformações originadas pela variação da umidade relativa do ar atuando sobre as argamassas endurecidas, a dilatação higroscópica dos elementos cerâmicos e evidentemente, as originadas por variações térmicas”.

A movimentação estrutural, como em casos de recalque diferencial de fundações, poderá produzir esforços em toda a estrutura. Estes esforços podem causar tensões nas paredes que provocam separação dos componentes do sistema de revestimento (Figura 8).

Para Temoche-Esquivel, Barros e Simões (2005), apesar dos fatores que potencialmente tornam os revestimentos com placas cerâmicas superiores aos revestimentos de argamassa, nas cidades não litorâneas, têm-se privilegiado o uso dos revestimentos de argamassa, devido ao alto índice de manifestações patológicas nos revestimentos com placas cerâmicas.



**Figura 8** – Revestimento solicitado à tração (Fonte: FIORITO, 2009).

### 2.6.4 Sobrecargas

Segundo Souza e Ripper (1998), as sobrecargas podem ser consideradas quando as estruturas são submetidas a carregamentos superiores a do projeto, mesmo os projetos terem sido desenvolvidos considerando os carregamentos corretos e em função das Normas Técnicas. Os autores citam, como exemplo destas situações, o caso de mudança do propósito funcional da edificação ou a substituição de máquinas ou equipamentos por outros de maior peso.

De maneira simplificada, movimentações estruturais são produzidas por qualquer carregamento. Porém, o excesso de cargas não previstas sobre uma estrutura poderá gerar deformações nas estruturas em ordem de grandeza superior ao previsto em cálculo. Em algumas situações estas deformações se transferem para as alvenarias gerando tensões que podem atuar de forma isolada, em pontos do revestimento, ou distribuída em toda a extensão do mesmo.

Nestas situações, podem ocorrer pequenos esmagamentos na alvenaria (argamassa de assentamento ou bloco) e na camada de emboço, gerando tensões diferenciais na interface de aderência argamassa-cerâmica devido, principalmente, à grande diferença dos

módulos de elasticidade destes materiais (Tabela 2). As tensões atuantes neste caso são, também, de origem cisalhante.

**Tabela 2** – Valores de módulo de elasticidade (E) de materiais que constituem os substratos e as camadas de revestimento cerâmico de fachadas (Fonte: Medeiros, 1999).

Material	Módulo de Elasticidade E (GPa)
Porcelanato	50 a 70
Grês Cerâmico	40 a 60
Semi Grês	35 a 50
Cerâmica Semi Porosa	35 a 50
Cerâmica Porosa	35 a 50
Litocerâmica	45 a 60
Argamassa Adesiva Comum	8 a 15
Rejunte Comum	10 a 15
Rejunte Flexível	8 a 20
Poliestireno Expandido	1,7 a 3,1
Polietileno Expandido	0,1 a 1
Selante Elastomérico	0,05 a 0,1
Concreto Denso	18 a 35
Concreto Aerado	1,4 a 3,2
Concreto Leve	8
Bloco de Concreto	10 a 25
Bloco de Concreto Celular	4 a 16
Bloco Cerâmico	4 a 25
Argamassa de Cimento	8 a 18

### 2.6.5 Ação da Temperatura

Os materiais que compõe o sistema de revestimento cerâmico, sob a ação da temperatura, tanto no acréscimo quanto no decréscimo, sofrem os efeitos de dilatação e contração, respectivamente.

Segundo Guan et al. (1997), os fatores climáticos são causadores de substancial degradação de materiais e componentes da construção, especialmente daqueles posicionados no exterior da edificação.

Os efeitos da degradação são mais acentuados em regiões de clima tropical. A maior parte dos deslocamentos dos revestimentos

cerâmicos, sobretudo em fachadas, pode ser atribuída às variações climáticas intensas, sobretudo de temperatura, que ocorrem durante um mesmo dia.

O sistema de revestimento cerâmico é composto por diversas camadas de materiais, com diferentes propriedades físicas. Assim, sob a incidência do calor em uma parede, ocorrerá uma tendência a variações volumétricas diferenciais entre cada camada do sistema que se encontra restringido pela aderência do conjunto, gerando tensões diferenciais nas interfaces. A ordem de grandeza destas deformações está relacionada com o coeficiente de dilatação ou contração térmica de cada componente. Por sua vez, as tensões geradas dependem ainda do módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson e grau de aderência nas interfaces.

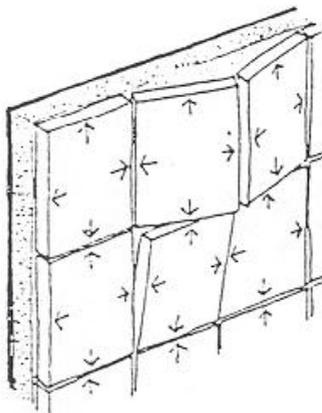
Para Roman et al. (2000a), as argamassas podem apresentar um coeficiente de dilatação térmica na ordem de duas vezes ao dos revestimentos cerâmicos, onde apresentaram valores de  $4,6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  para cerâmicas de revestimento e  $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  para as argamassas. No entanto, estes valores, variam em função da extensa gama de materiais utilizados no Brasil, tanto para as argamassas, como para os tijolos e cerâmicas de revestimento.

Os esforços originários de movimentações originadas por dilatações ou contrações térmicas do revestimento e movimentos elásticos da camada de suporte podem chegar a ser superiores à resistência ao esforço de cisalhamento das interfaces, originando o seu rompimento e provocando o seu desprendimento (CARRIÓ, 1993).

Durante a vida útil do revestimento, aumenta-se a probabilidade de ocorrência de desprendimentos das cerâmicas, mesmo em locais onde tais problemas ainda não tenham sido observados. Esse desprendimento ocorre devido ao processo de fadiga lenta e gradual decorrente das movimentações do sistema, as quais poderão vir a causar trincas nas argamassas, tanto do emboço como da argamassa colante. A fadiga possibilita que em um processo de variação brusca de temperatura, ocorra o descolamento do revestimento com a aderência já enfraquecida.

É oportuno lembrar que, com igual importância, deve ser citado o efeito do choque térmico, o qual ocorre basicamente em épocas onde se tem um longo período de frio (geralmente à noite) incidente em todo o sistema, seguido de uma forte incidência de fonte de calor. E em uma situação contrária, onde após um dia de intenso calor, a temperatura cai rapidamente, como em casos de resfriamento brusco das superfícies pela ação da incidência de chuvas.

Devido às propriedades dos materiais, essas situações podem gerar tensões de cisalhamento nas interfaces e tração no ponto de encontro de peças cerâmicas adjacentes, desta forma, gerando tensões semelhantes ao falado anteriormente, resultando em situações de descolamento do revestimento, conforme está ilustrado na Figura 9.



**Figura 9** – Efeito da expansão e contração térmica em um sistema de revestimento cerâmico (Fonte: Carrió, 1993).

Naniwa et al. (1994 apud Goldberg, 2011) estudaram pelo método de elementos finitos, a distribuição de tensões causadas por movimentações diferenciais em paredes externas revestidas com cerâmicas submetidas a ciclos de temperatura e umidade, e observaram a existência de tensões de cisalhamento nas interfaces do sistema estudado.

Isto vem ao encontro de Roman et al. (2000b), onde, através do método de elementos finitos, fez um estudo simulando a incidência de variação climática em painéis de alvenaria revestidos com peças cerâmicas, através de ciclos térmicos aplicados por câmara climática na superfície revestida, onde foram analisadas as tensões impostas a este sistema sob as ações de variação de temperatura e umidade. Nesse estudo foi demonstrado que, durante o processo de variação térmica surgem tensões de cisalhamento nas interfaces do sistema de revestimento. Segundo esse estudo, essas tensões estão associadas a tensões de tração, concentrados nas extremidades das peças cerâmicas próximos ao rejunte.

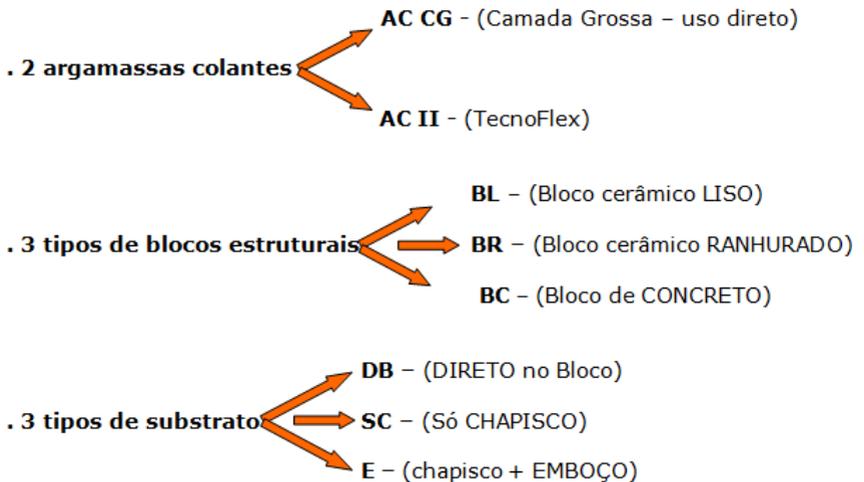


### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o atendimento dos objetivos expostos neste estudo, desenvolveu-se um planejamento experimental baseado na infraestrutura laboratorial disponível na Universidade Federal de Santa Catarina para a realização da pesquisa. Neste item, são descritas as variáveis de controle e de resposta adotadas, e os métodos de caracterização dos materiais e ensaios propostos.

#### 3.1 Planejamento Experimental

No estudo de avaliação da aderência foram utilizados três tipos de substratos, sendo dois cerâmicos e um de concreto e dois tipos de argamassa colante, conforme descrição a seguir.



Para os ensaios de arrancamento foram moldados três tipos de painéis, os quais foram definidos para simular o comportamento das paredes revestidas com diferentes tipos de substrato e argamassa colante.

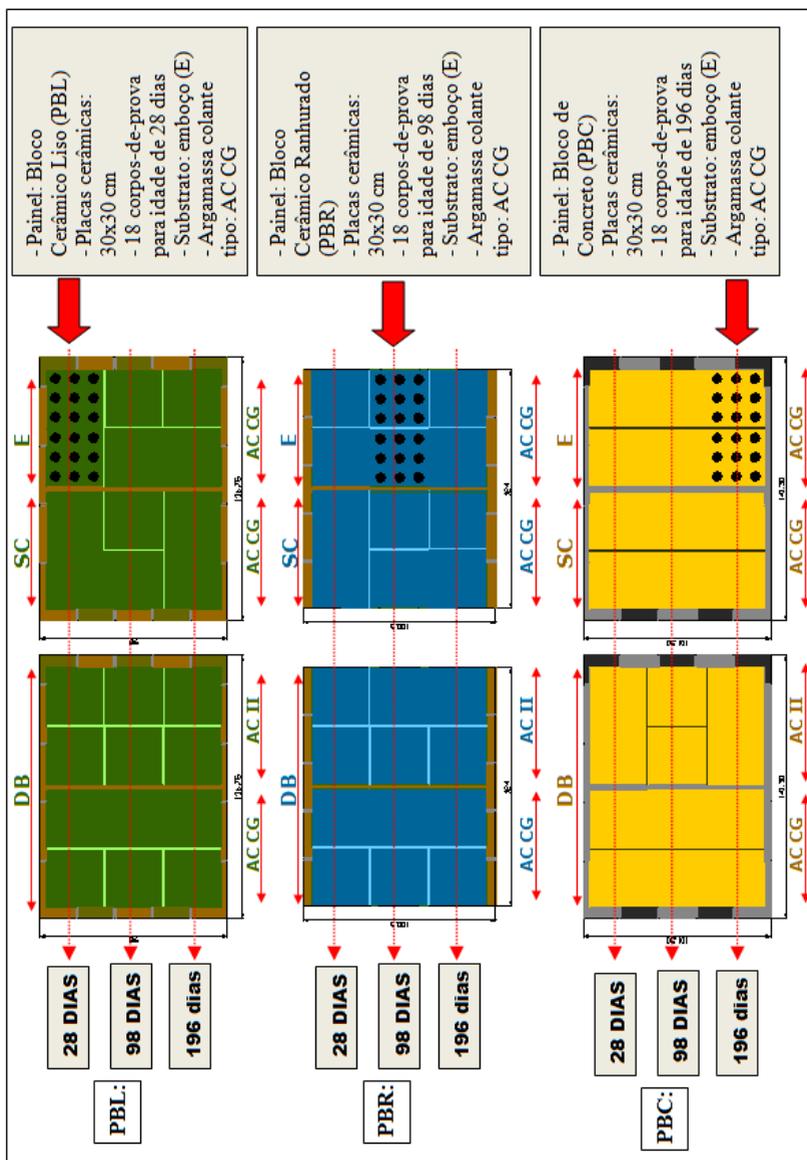
Os tipos de bloco, denominação e dimensões estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação dos painéis

<b>TIPO DE BLOCO</b>	<b>DENOMINAÇÃO DO PAINEL</b>	<b>DIMENSÕES DO PAINEL (comprimento x largura) (m)</b>
Bloco cerâmico liso	PBL	1,36X0,98
Bloco cerâmico ranhurado	PBR	1,24X1,00
Bloco de concreto	PBC	1,41X1,01

Todos os painéis foram revestidos com placas cerâmicas de dimensões 30x30cm e ficaram expostos ao tempo e suas intempéries, como variação de temperatura, umidade relativa e vento.

O esquema do planejamento experimental abrangeu um total de 06 painéis, o qual é mostrado na Figura 10.



**Figura 10** - Esquema do planejamento experimental

### 3.2 Construção dos Painéis

Com a finalidade de simular o comportamento e ensaiar as argamassas em seu estado endurecido foram construídos 6 painéis com área aproximadamente de 1m<sup>2</sup> cada, com blocos estruturais cerâmicos e de concreto, e cada painel foi dividido verticalmente em 2 partes que foram revestidas com as placas cerâmicas em diferentes formas de aplicação a serem estudadas.

Sobre a alvenaria foram aplicados três tipos de substrato, onde aplicamos os revestimentos cerâmicos, sendo:

- Painel SC (somente chapisco), com espessura média de 3,0mm e traço em volume de 1:3 (cimento: areia grossa).

- Painel E (chapisco + emboço) com espessura média de 20mm e traço em volume com a areia seca de 1:1:6 (cimento: cal hidratada: areia média).

- Painel DB (Direto no Bloco) as peças cerâmicas foram coladas no painel utilizando argamassa colante industrializada do tipo ACII para uso interno ou externo e AC CG para uso direto na alvenaria (NBR 14081, 2004).

Esses painéis ficaram dispostos em um depósito de materiais de construção, externo ao LMCC (Laboratório de Materiais de Construção Civil), onde existe um contrapiso de concreto feito com o objetivo de conter a umidade proveniente do solo, como mostra a Figura 11.



**Figura 11** – Disposição dos painéis no local de ensaio

Para que os painéis ficassem expostos às condições similares a do meio ambiente, principalmente no que diz respeito à insolação, optou-se por orientar suas faces, com o revestimento cerâmico, em direção ao norte geográfico, a fim de que elas permanecessem, o maior tempo possível, expostas ao sol.

Os blocos foram assentados por um pedreiro profissional utilizando-se uma argamassa com proporções de mistura 1:1:6 em volume (cimento:cal hidratada:areia média), sendo o cimento do tipo CP II Z-32 e a cal CH III, com cerca de 10mm de espessura de junta.

Para que a retração da argamassa de assentamento não interferisse na retração da argamassa de revestimento e argamassa colante, as mesmas só foram aplicadas após o período de 28 dias do assentamento dos blocos. Previamente a essa aplicação, e depois de decorrido o referido período de tempo, foi realizada a aplicação da camada de chapisco (espessura de 2 a 3 mm) com proporções 1:3 (cimento:areia grossa), a fim de promover uma aderência mais eficiente entre a argamassa de revestimento e o substrato.

Finalmente, após a aplicação do chapisco e passado 14 dias, os painéis foram revestidos com a argamassa de emboço com cerca de 20mm de espessura e após 28 dias da aplicação do emboço foram

assentadas as placas cerâmicas utilizando argamassa colante com aproximadamente 6mm de espessura.

Todos os painéis foram rejuntados com argamassa de rejunte industrializado flexível (NBR 14992, 2003) para fachada, na espessura de 6,0mm. As argamassas industrializadas foram utilizadas de acordo com o recomendado pelo fabricante.

### **3.3 Determinação da Resistência de Aderência à Tração**

A NBR 13755(1997) prescreve o método para determinação da Resistência de aderência à tração de revestimentos em paredes e tetos de argamassas inorgânicas de acordo com a seguinte metodologia.

#### **3.3.1 Execução do Ensaio**

Para a realização deste ensaio a norma determina que sejam ensaiados 6 corpos de prova, correspondente a 6 pastilhas metálicas circulares de diâmetro de 5 cm, coladas à superfície do revestimento e arrancadas com equipamento de tração específico. A média das tensões máximas suportadas por cada corpo de prova quando submetidos aos esforços de tração aplicados pelo aparelho de arrancamento o qual irá determinar a resistência de aderência do revestimento cerâmico.

Para este ensaio optou-se pela verificação de 18 corpos de prova por cada combinação.

O procedimento de execução do ensaio foi realizado em três etapas:

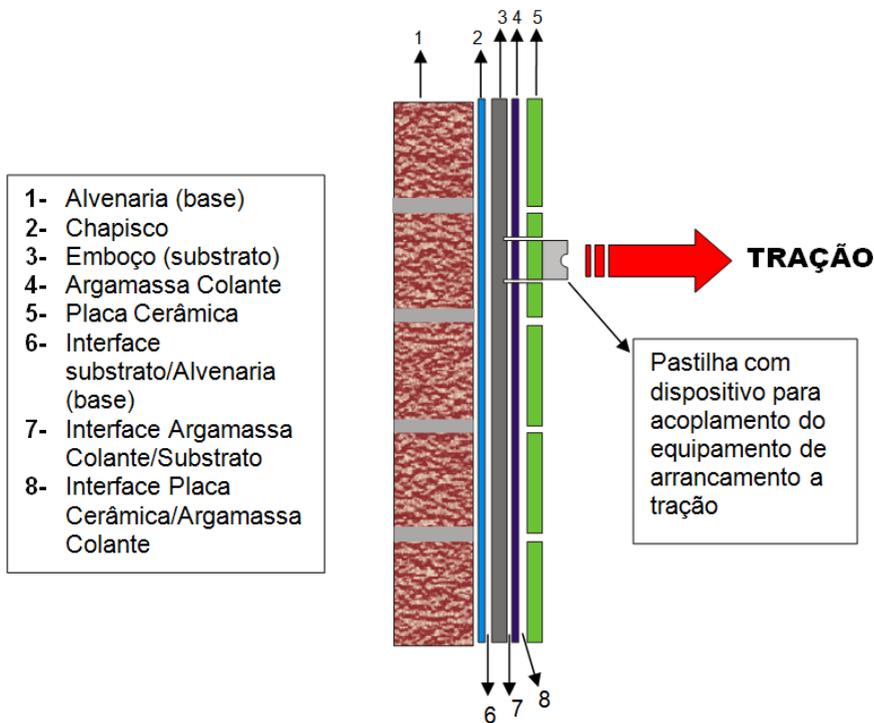
- corte dos corpos de prova;
- colagem das pastilhas;
- verificação da tensão de ruptura.

O corte dos corpos de prova foi realizado com idades de 28, 98 e 196 dias, onde foi executado com serra copo diamantada de diâmetro de 50 mm interno acoplada a uma furadeira. O posicionamento dos furos na superfície das paredes foi previamente marcado para garantir o espaçamento entre os corpos de prova e distanciamento entre as bordas das paredes conforme Figura 12



**Figura 12** – Execução do ensaio de arrancamento por tração

Após o corte, ao corpo de prova foi colada com adesivo epóxi, uma “pastilha” de metal com dispositivo para acoplamento do equipamento de tração. A Figura 13 detalha o esquema do procedimento do Ensaio de Tração.



**Figura 13** – Esquema do ensaio de arrancamento por tração para avaliação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos

As superfícies das pastilhas estavam isentas de qualquer resíduo de ensaios anteriores.

Para a colagem das pastilhas circulares nas superfícies verticais foi necessário colocar um aparato para impedir o escorrimento da cola e o deslizamento das pastilhas. Este aparato foi confeccionado com um pedaço de cano de PVC de 50 mm cortado ao meio e encaixado no corte feito pela serra copo.

O passo seguinte foi à introdução do aparelho de arrancamento (Dinamômetro de tração –Figura 14) dotado de dispositivo para leitura de carga, onde as pastilhas foram, então, arrancadas.



**Figura 14** - Dinamômetro portátil para o ensaio de tração

Por fim, as amostras foram analisadas e foi calculada a resistência de aderência à tração de cada corpo de prova ( $R_a$ ) em MPa e analisadas a forma de ruptura de cada um deles.

A resistência de aderência à tração foi calculada pela seguinte fórmula:

$$R_a = \frac{P}{A} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

$R_a$  = resistência de aderência á tração (MPa);

$P$  = carga de ruptura (N);

$A$  = área da pastilha (mm<sup>2</sup>)

Quanto às exigências com relação à determinação da resistência de aderência a tração do revestimento ao substrato, pode-se citar o limite prescrito pela NBR 13749 (1996), onde o valor médio de aderência deve ser no mínimo igual a 0,3 MPa, aos 28 dias. O resultado final, expresso em MPa, é a média de no mínimo 5 valores individuais com afastamento menor ou igual do que 20% da média.

Ainda segundo a NBR 13755 (1997), é importante observar que, para a verificação da resistência de aderência o equipamento de tração deve permitir uma velocidade de carregamento uniforme de  $250 \pm 50$  N/s.

Os resultados do ensaio de aderência devem levar em conta que, para o conjunto de determinações realizadas devem ser consignados os valores individuais de resistência de aderência, em MPa, juntamente com as informações sobre a forma de ruptura do revestimento.

Por este ensaio foi determinada a influência dos diferentes substratos e tipos de argamassas colantes. No total foram realizados dezoito arrancamentos para cada tipo de argamassa colante, substrato e também para cada idade estudada, totalizando 648 ensaios de resistência de aderência à tração (Figura 15).

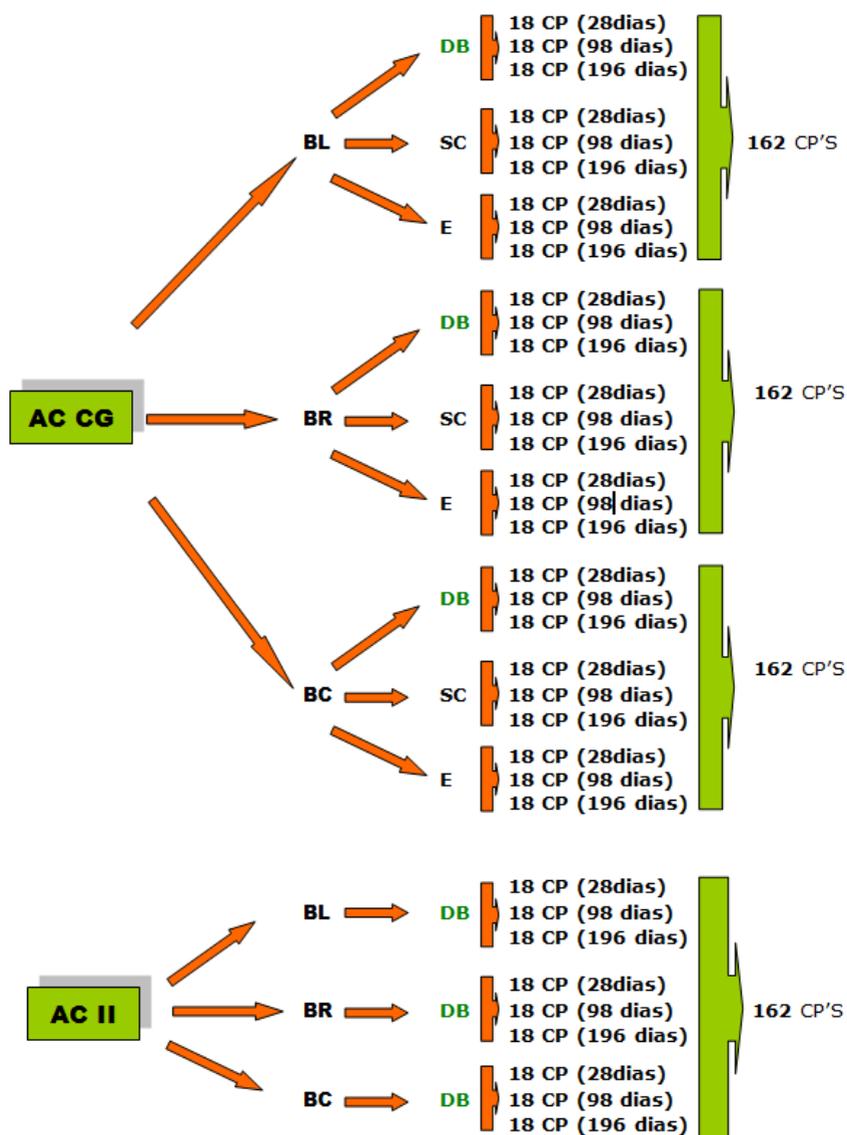


Figura 15– Detalhamento dos ensaios de arrancamento

Em resumo, as variáveis estudadas na avaliação do comportamento das argamassas colantes foram:

a) Variáveis independentes ou de controle:

- Tipo de argamassa:
  - Argamassa colante industrializada para exteriores tipo ACII;
  - Argamassa colante industrializada para exteriores tipo AC CG para aplicação direta na alvenaria.
- Tipo de bloco:
  - bloco cerâmico estrutural liso (BL);
  - bloco cerâmico estrutural com ranhuras (BR);
  - bloco de concreto estrutural (BC);
- Tipo de substrato:
  - direto no bloco (DB);
  - só chapisco (SC);
  - chapisco + emboço (E).
- Idade/tempo de exposição:
  - 28 dias;
  - 98 dias;
  - 196 dias.

b) Variáveis dependentes ou de resposta:

- Resistência de aderência à tração do revestimento cerâmico.

Os resultados foram tratados estatisticamente por análise de variância ANOVA. Buscou-se, também, o estabelecimento de correlações entre os resultados dos diversos ensaios.

Nos parágrafos seguintes são detalhados os métodos utilizados na caracterização dos materiais e nos ensaios, e também com os revestimentos aplicados sobre as alvenarias.

### 3.4 Caracterização e Especificação dos Materiais

Este capítulo descreve a caracterização e especificação dos materiais empregados nos ensaios.

Com o intuito de evitar variações nos resultados, o autor realizou pessoalmente as medições de leituras de dados, serviços de preparação, elaboração e monitoração dos ensaios.

Os dados foram obtidos através de ensaios experimentais realizados em um terreno anexo ao Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal de Santa Catarina e todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas brasileiras vigentes.

#### 3.4.1 Blocos Estruturais Cerâmicos

Os blocos cerâmicos empregados neste trabalho experimental foram blocos vazados com características estruturais, os quais foram doados por Cerâmica localizada no Estado de Santa Catarina. Para a realização da pesquisa os blocos foram classificados da seguinte maneira (Tabela 4)

**Tabela 4 – Classificação dos blocos utilizados na pesquisa**

Classificação	Nomenclatura	Dimensões Nominais LxHxC (mm)	Geometria
Bloco cerâmico estrutural liso	<b>BL</b>	140X190X290	
Bloco cerâmico estrutural ranhurado	<b>BR</b>	115X190X245	

\*L= largura; H= altura; C= comprimento

Na inspeção visual dos blocos constatou-se que eles atendiam aos requisitos prescritos pela NBR15270-2 (2005). A amostra recebida não apresentava defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações.

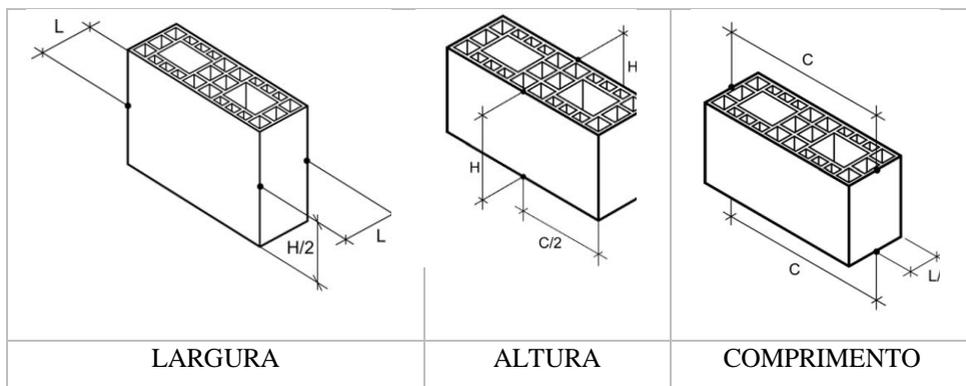
Para a caracterização dos mesmos foram realizados os seguintes ensaios (Tabela 5):

**Tabela 5** - Ensaios realizados nos blocos cerâmicos e a norma utilizada

Ensaio	Norma
Análise dimensional	NBR 15270-3 (2005)
Índice de absorção d'água	
Área Líquida	
Índice de absorção inicial	

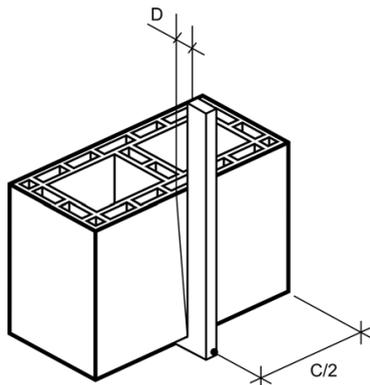
### 3.4.1.1 Ensaio de Análise Dimensional

As dimensões nominais foram verificadas individualmente para cada bloco, através da medição com paquímetro digital das medidas da largura (L), altura (H) e comprimento (C) em cada uma das faces medidas, após adota-se a média das mesmas. Os resultados foram obtidos fazendo-se as medições nos pontos indicados na Figura 16.



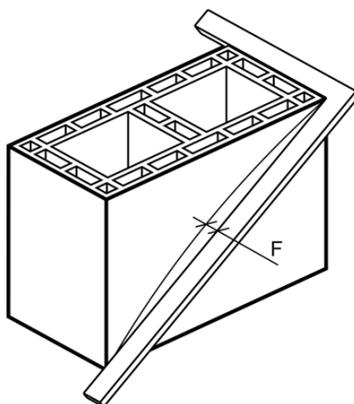
**Figura 16** – Determinação das dimensões do bloco cerâmico estrutural (NBR, 15270-3).

O desvio em relação ao esquadro entre uma das faces destinadas ao assentamento e a maior face destinada ao revestimento do bloco, foi medido conforme a Figura 17 empregando-se o esquadro metálico e a régua metálica.



**Figura 17** - Desvio em relação ao esquadro - Representação esquemática - Bloco estrutural (NBR, 15270-3).

A determinação da planeza de uma das faces destinadas ao revestimento será medida através da flecha formada na diagonal, conforme a Figura 18 empregando-se o esquadro metálico e a régua metálica.



**Figura 18** - Determinação da Planeza das faces - Representação esquemática - Bloco estrutural (NBR, 15270-3).

### 3.4.1.1 Resultados da Análise Dimensional

Para a determinação das propriedades dimensionais foram utilizados 15 unidades de cada bloco.

Em relação à média das dimensões efetivas nenhum valor ultrapassou a tolerância de  $\pm 3\text{mm}$  estabelecida pela norma NBR 15270-3, demonstrando a estabilidade dimensional dos blocos. O resultado do ensaio é apresentado no Apêndice 01.

Em relação à planeza das faces e desvio de esquadro nenhuma amostra apresentou um valor acima da tolerância de  $\pm 3\text{mm}$  estabelecido pela NBR15270-3. O resultado completo encontra-se no Apêndice 01.

### 3.4.1.2 Índice de Absorção de Água (AA)

A realização do ensaio para determinação do índice de absorção de água foi de acordo com a recomendação da NBR 15270-3 (2005). A norma recomenda que a absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%. A absorção de água é definida como o peso de água, expressado como uma percentagem de massa seca do bloco, que é absorvida durante a imersão em água num determinado período de tempo. Este tempo é normalmente de 2 horas em água fervente ou de 24 horas em água a temperatura ambiente.

Para realização dos ensaios foram utilizadas 15 unidades. Para determinação do ensaio, primeiramente foi feita uma inspeção visual para verificação do aspecto de integridade das unidades e após realizou-se a limpeza para eliminação de partículas soltas.

Para a determinação da massa seca ( $M_s$ ), os blocos foram colocados em estufa à temperatura de  $110\text{ }^\circ\text{C}$ , até o momento da constância de massa (aproximadamente 24h). Após resfriarem os blocos foram mergulhados em água a temperatura ambiente de  $(23\pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$  durante um período de 24 horas.

Após serem retirados da água as superfícies dos blocos foram secas com um pano úmido, e os mesmos foram pesados novamente, obtendo-se a massa do bloco saturado ( $M_u$ ).

Os valores da absorção para cada tipo de unidade de blocos foram determinados pela Equação 1.

$$AA = \left( \frac{M_U - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

AA = absorção de água, em porcentagem;

$M_U$  = massa úmida, em g;

$M_s$  = massa seca do bloco, em g.

#### **3.4.1.2.1 Resultados do Ensaio de Absorção de Água (AA)**

No ensaio verificou-se que os valores de absorção de água encontram-se entre 17% e 18% estando assim de acordo com a NBR 15270-2. A seguir é mostrada uma tabela com os valores do ensaio de absorção de água. O resultado completo é apresentado no Apêndice 01.

#### **3.4.1.3 Índice de Absorção Inicial (AAI)**

A NBR 15270-3 recomenda para a amostra deste ensaio, a utilização dos mesmos blocos que foram ensaiados para a determinação do índice de absorção d'água e da área líquida.

Este ensaio, basicamente consistiu em secar as unidades em estufa à temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante o período de 24 horas. Após, os blocos foram retirados da estufa, e foram deixados por no mínimo 2 horas em ambiente laboratorial e depois pesados, obtendo-se a massa seca ( $M_s$ ). Em seguida determinou-se a massa de água absorvida por uma face do bloco imersa em uma lâmina de água de  $3 \pm 0,2\text{mm}$  após cerca de  $60 \pm 1$  s será determinada a massa final de cada corpo de prova, em gramas ( $M_i$ ). Esta operação deverá ser realizada em no máximo 30 s após a retirada do corpo de prova do dispositivo de ensaio.

O índice de absorção de água inicial (AAI) foi calculado de acordo com a Equação 2.

$$AAI = 193,55 \times \frac{\Delta p}{\text{Área}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

AAI = índice de absorção d'água inicial (sucção) da face ensaiada dos blocos, expresso em (g/193,55cm<sup>2</sup>)/min;

$\Delta p$  = variação de massa obtida no ensaio, em gramas;

Área é a área bruta ou área líquida dos blocos ensaiados, em cm<sup>2</sup>.

### 3.4.1.3.1 Resultados do Ensaio de Absorção Inicial (AAI)

Como o índice de absorção de água inicial (AAI) para os blocos cerâmicos estruturais resultaram em valores superiores a (30g/193,55 cm<sup>2</sup>)/min, mínimo recomendado pela NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Recomenda-se o umedecimento dos blocos antes do assentamento, para que o bloco não absorva a água da argamassa e esta tenha sua aderência prejudicada. O resultado completo é apresentado no Apêndice 01.

### 3.4.1.4 Área Líquida

Para determinação da área líquida serão adotados os critérios estabelecidos pela norma NBR 15270 (2005), a qual define área Líquida como a Área da seção de assentamento, delimitada pelas arestas do bloco, com desconto das áreas dos furos, quando houver.

O procedimento do ensaio recomendado pela norma é o seguinte:

- Os blocos serão imersos em água fervente por 2h.
- Depois de retirados da água fervente, deve-se enxugá-los com um pano úmido e pesá-los obtendo-se a sua massa saturada  $M_1$ .
- Depois de saturados, os blocos deverão ser pesados imersos em água à temperatura de (23±5)°C, sendo o valor obtido a sua massa aparente  $M_2$ .

A área líquida expressa em cm<sup>2</sup>, de cada bloco foi calculada segundo a Equação 3.

$$A_{\text{líq.}} = \frac{(M_1 - M_2)}{\gamma \times H} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$A_{\text{líq.}}$  = área líquida em  $\text{cm}^2$ ;

$M_1$  = massa do bloco saturada (g);

$M_2$  = massa aparente do bloco (g);

H = altura do bloco, em cm;

$\gamma$  = massa específica da água, tomada igual a 1, em gramas por  $\text{cm}^3$

#### 3.4.1.4.1 Resultados do Ensaio de Área Líquida

O resultado completo da área líquida encontra-se no apêndice 01. Os valores médios da área líquida ficaram entre  $210,55\text{cm}^2$  para os blocos lisos e  $164,26\text{m}^2$  para os blocos ranhurados.

#### 3.4.2 Blocos de Concreto

Para a caracterização dos blocos de concreto foram realizados os seguintes ensaios (Tabela 6)

**Tabela 6** - Ensaios realizados nos blocos e a norma utilizada

Ensaio	Norma
Análise dimensional	NBR 12118 (2013)
Absorção de água	
Área Líquida	

Para a realização da pesquisa os blocos de concreto foram classificados da seguinte maneira (Tabela 7).

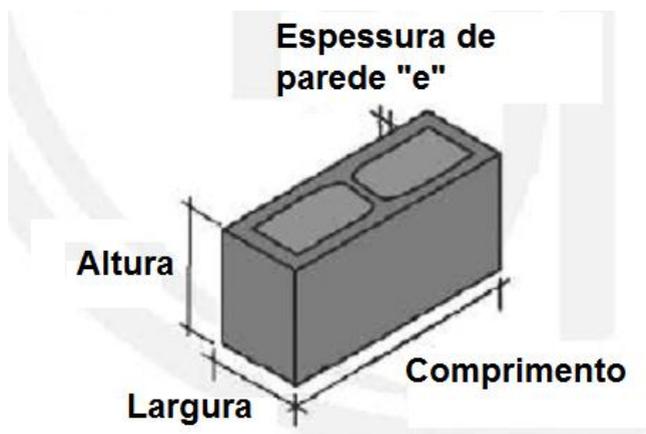
**Tabela 7** - Classificação dos blocos de concreto utilizados na pesquisa

<b>Classificação</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Dimensões Nominais *LxHxC (mm)</b>	<b>Geometria</b>
Bloco de concreto estrutural	BC	140x190x390	

\*L= largura; H= altura; C= comprimento

### 3.4.2.1 Análise Dimensional

Para a Análise Dimensional dos Blocos de Concreto foi utilizada a NBR 12118 (2013) a qual recomenda que para cada dimensão do corpo de prova devem ser realizadas pelo menos três determinações em pontos distintos de cada face, com resolução de 1 mm, conforme Figura 19.



**Figura 19** – Dimensões nos blocos de concreto (NBR 12118, 2013).

### 3.4.2.1.1 Resultados da Análise Dimensional

Para a determinação das propriedades dimensionais foram utilizados 15 unidades de cada bloco.

Em relação à média das dimensões nominais nenhum valor ultrapassou a tolerância de  $\pm 3\text{mm}$  estabelecida pela norma NBR 12118, demonstrando a estabilidade dimensional dos blocos. O resultado completo do ensaio é apresentado no Apêndice 01.

### 3.4.2.2 Absorção de Água

Para o cálculo de absorção de blocos de concreto a NBR 12118 recomenda que os blocos devam permanecer em estufa por um período de 24 horas. Após o valor deve ser anotados e coloca-se novamente na estufa por um período de 2 horas, sendo admissível que o corpo de prova permaneça no máximo 10 minutos fora da estufa durante a medida de sua massa.

A leitura deverá ser repetida a cada 2 horas até que em duas leituras sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor anterior, anotando então sua massa seca  $m_1$ .

Após os blocos devem ser resfriados naturalmente em ambiente laboratorial e imergi-los em água por 24 horas.

O bloco deverá ser pesado na condição de saturado com a superfície seca, que é obtida drenando o mesmo sobre uma tela e após removendo a água superficial visível com um pano seco. Anota-se então o valor encontrado de sua massa saturada  $M_2$ .

O valor da absorção de água deverá ser expresso em porcentagem (%), calculado pela Equação 4.

$$a = \left( \frac{m_2 - m_1}{m_1} \right) \times 100 \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

$a$  = absorção total, em porcentagem (%);

$m_1$  = massa do corpo de prova seco em estufa, em g;

$m_2$  = massa do corpo de prova saturado, em g.

### 3.4.2.2.1 Resultados do Ensaio de Absorção de Água (aa)

No ensaio verificou-se que os valores de absorção de água encontram-se entre 5,35% e 6,64%. O resultado completo é apresentado no Apêndice 01.

### 3.4.2.3 Área Líquida

Para a determinação da área líquida o bloco de concreto deverá ser saturado e deverá ter sua massa determinada quando imerso em água por meio de uma balança hidrostática, sendo o valor encontrado denominado massa aparente  $m_4$ .

A área líquida de cada corpo de prova deverá ser calculada em  $\text{mm}^2$  segundo a equação 5.

$$A_{\text{liq}} = \frac{(M_1 - M_2)}{\gamma \times H} \times 1000 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

$A_{\text{liq}}$  = área líquida em  $\text{mm}^2$ ;

$M_1$  = massa do bloco saturada (g);

$M_2$  = massa aparente do bloco (g);

H = altura do bloco, em mm;

$\gamma$  = massa específica da água, tomada igual a 1, em  $\text{g/cm}^3$

#### 3.4.2.3.1 Resultados do Ensaio de Área Líquida

O resultado completo da área líquida encontra-se no Apêndice 01. O valor médio da área líquida foi de  $284,94\text{cm}^2$  para os blocos de concreto.

### 3.4.3 Argamassas de Assentamento e Revestimento

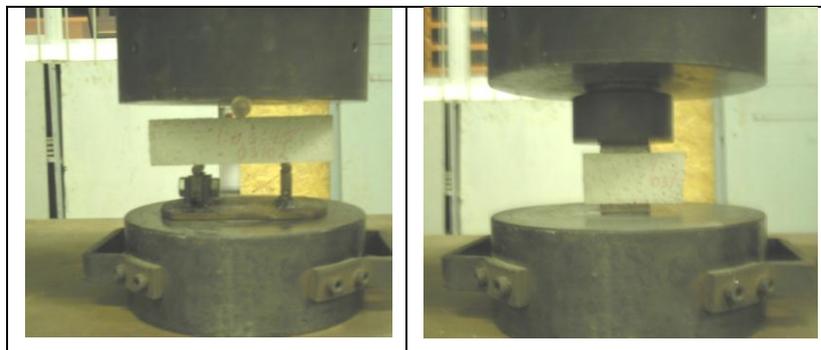
Na definição dos traços das argamassas utilizadas nos painéis, levou-se em conta que a capacidade de deformação e aderência são propriedades intrinsecamente relacionadas e que assim o ideal é produzir-se argamassas com trabalhabilidade adequada, baixo consumo de pasta aglomerante e com o maior consumo possível de areia. O traço escolhido para a argamassa de assentamento e revestimento foi: 1:1:6 (cimento:cal:areia), o qual é prescrito pela norma britânica BS 5628: Part 1(1992) como tipo (iii), e 1:3 (cimento:areia) para o chapisco.

Cabe destacar que antes da preparação da argamassa a areia foi secada em estufa  $105\pm 5$  °C durante 24 horas no mínimo. Imediatamente ela foi acondicionada em tambores plásticos devidamente fechados dentro do laboratório para não adquirir umidade do ambiente.

Uma vez concluída a caracterização dos materiais, procurou-se definir a consistência através do “*flow table test*” e por sua vez, a relação água/cimento (a/c) usada, conforme NBR 13276 (2005). Estas características foram mantidas em todo o estudo.

Após a definição do traço foram moldados 10 corpos-de-prova cilíndricos 5x10 cm e também mais 10 corpos-de-prova prismáticos 4x4x16 cm, tendo sido rompido aos 28 dias.

Após serem mantidos para cura a temperatura ambiente por 28 dias, os corpos-de-prova de 4x4x16 cm foram submetidos aos ensaios de tração na flexão e resistência à compressão, de acordo com a NBR 13279 (2005). As barras prismáticas foram primeiramente ensaiadas a flexão, com uma carga concentrada no centro da barra que era apoiada com um vão de 8 cm, como mostrado na Figura 20. A mesma figura mostra o ensaio de compressão, feito com as duas partes da barra dividida. Duas pastilhas metálicas quadradas de dimensões 40 x 40 mm foram utilizadas juntamente com uma rótula, para aplicação de carga de compressão axial. A taxa de aplicação de carga no ensaio de compressão foi de 0,5 kN/s.



**Figura 20** – Ensaio de resistência à tração na flexão e resistência à compressão de acordo com a NBR 13279 (2005)

Para uma melhor relação com outros trabalhos, que apresentam os resultados de resistência de argamassas através de ensaios de corpos-de-prova cilíndricos de dimensões 5 x 10 cm, também foram moldados e ensaiados corpos-de-prova de acordo com a NBR 13279 (1995). Os corpos de prova foram moldados de acordo com a NBR 7215 (1996), em cilindros metálicos, com quatro camadas iguais submetidas a 30 golpes cada. Porém, o capeamento foi feito com pasta de cimento. O resumo destas características é mostrado na Tabela 8, e o resultado completo é apresentado no Apêndice 01.

**Tabela 8** - Características do traço

Traço em volume	Traço em massa	Relação a/c	Consistência (mm)	Resistência à compressão – CP 5x10 cm - Cilíndrico			Resistência à compressão – CP 4x4x16 cm - Prismático			Resistência à tração na flexão – CP 4x4x16 cm - Prismático		
				Média (MPa)	Des. Pad. (MPa)	Coef. Var. (%)	Média (MPa)	Des. Pad. (MPa)	Coef. Var. (%)	Média (MPa)	Des. Pad. (MPa)	Coef. Var. (%)
1:1:6	1:0,63:8,5	1,94	256	3,22	0,28	8,69	3,11	0,48	15,30	1,30	0,14	10,70

### 3.4.4 Cimento

O cimento utilizado será o CP II Z-32, por ser comumente o mais utilizado na região de Florianópolis para assentamento e revestimento de alvenarias. As caracterizações físicas, químicas e mecânicas serão obtidas junto ao fabricante.

Para determinação da massa unitária do cimento, adotou-se como referência o procedimento da NBR NM 45 (2006). Este valor é importante e necessário para transformar o traço em volume especificado em normas, em traço em massa. O resultado do ensaio encontra-se na Tabela 9.

**Tabela 9** - Massa unitária do cimento

<b>Material</b>	<b>Massa Unitária (Kg/dm<sup>3</sup>)</b>
Cimento	1,10

### 3.4.5 Cal Hidratada

A cal utilizada foi a do tipo CH-III, a qual foi maturada por 24 horas de antecedência da sua utilização. Para tal foi misturada à areia e água em quantidades definidas previamente, durante 4 minutos, em velocidade baixa, no misturador de argamassa.

Após o intervalo de maturação, o material preparado foi pesado novamente e se acrescentou água correspondente à água eventualmente perdida por evaporação. Assim, foi acrescido o cimento na quantidade definida a partir do traço a ser utilizado e se realizou uma nova homogeneização por 4 minutos.

Essa maturação foi feita com o objetivo de melhorar a plasticidade e a retenção de água da argamassa, seguindo-se, assim, as recomendações da NBR NM 45 (2006).

Para determinação da massa unitária da cal, adotou-se como referência o procedimento da NBR NM 45 (2006). Este valor é importante e necessário para transformar o traço em volume especificado em normas, em traço em massa.

O resultado do ensaio encontra-se na Tabela 10

**Tabela 10** - Massa unitária da cal, NBR NM 45 (2006)

<b>Material</b>	<b>Massa Unitária (Kg/Dm<sup>3</sup>)</b>
Cal	0,65

### 3.4.6 Areia

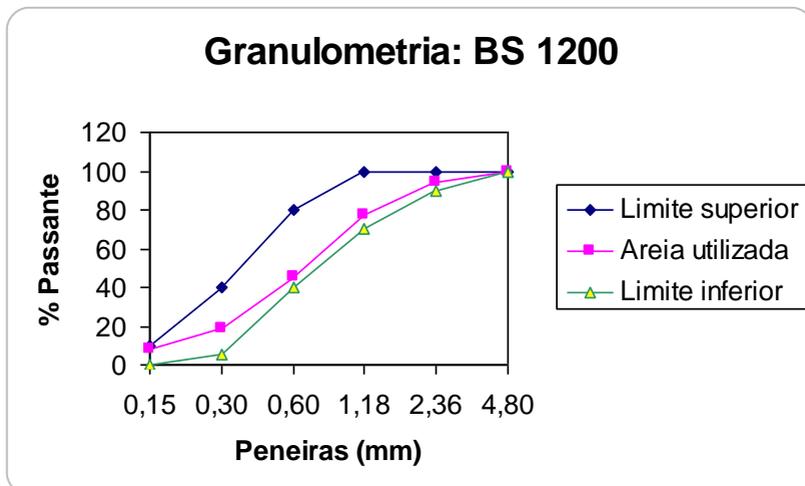
A areia a ser utilizada durante os ensaios é proveniente do Vale do Rio Tijucas, Santa Catarina, e foi recebida em um único lote, onde foi seca em estufa por no mínimo 24 horas, à temperatura de  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  e resfriamento à temperatura ambiente, quando então deverá ser executado o ensaio de granulometria obedecendo ao procedimento da NBR 7211 (2009) e de material pulverulento NBR NM 26 (2009).

A composição granulométrica da areia mostrada na Tabela 11 foi determinada de acordo com a NBR 7211 (2009). Ela foi classificada de acordo com a NBR 7211 (2009) como areia média (zona 3). Como o traço utilizado foi o recomendado pela norma britânica BS 5628: Part 1 (1992), procurou-se averiguar se a areia empregada enquadrava-se nas faixas estipuladas pela norma britânica BS 1200 (1976). Esta norma especifica as faixas de curvas granulométricas adequadas para o emprego em argamassas de assentamento. A Figura 21 apresenta a curva granulométrica da areia.

A Tabela 11 e a Figura 21 confirmam que a areia empregada cumpre com todos os requisitos exigidos pelas normas citadas, sendo, portanto, apropriada para o preparo das argamassas de assentamentos de unidades em paredes de alvenaria estrutural.

**Tabela 11** – Composição granulométrica da areia, NBR 7211(2009)

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Retida acumulada (%)</b>	<b>Passante acumulada (%)</b>
0,15	92,00	8
0,30	81,00	19
0,60	55,00	45
1,18	22,50	77,5
2,36	5,50	94,5
4,80	0,00	100



**Figura 21** - Granulometria da areia usada segundo BS 1200 (1976)

De acordo com a NBR 7211 (2009), a areia utilizada nos ensaios, foi classificada na zona 3, sendo portanto, areia média. A Tabela 12 apresenta as características da areia utilizada, com as respectivas normas.

**Tabela 12** – Características físicas da areia

Massa específica real NBR NM 52 (2009) (Kg/dm <sup>3</sup> )	Massa unitária NBR 7251 (1982) (Kg/dm <sup>3</sup> )	Módulo de finura NBR 7211 (2009)	Teor de materiais pulverulentos NBR NM 26 (2009) (%)	Dimensão máxima característica (mm)
2,59	1,54	2,44	2,5	2,4

### 3.4.7 Água

A água utilizada é tratada e fornecida pela Companhia Catarinense de Água e Saneamento – CASAN, que se classifica como potável para consumo humano.

### 3.4.8 Argamassa Colante

Para o assentamento das placas cerâmicas foram empregados dois tipos de argamassa colante industrializada do tipo II, compostas por areia, cimento Portland e aditivos, as quais são comercializadas pelos nomes de Tecno Flex, indicada para piso e parede em ambientes internos e externos, e a Tecno CG que é indicada para uso direto na alvenaria, também para ambientes internos e externos, sendo as duas do mesmo fabricante.

Segundo o fabricante, a argamassa colante atende aos requisitos da NBR 14081 (2004), e possui características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes externas decorrentes de ciclos de flutuação térmica e higrométrica, da ação de chuva e/ou vento, da ação de cargas como as decorrentes do movimento de pedestres em áreas públicas e de máquinas ou equipamentos leves sobre rodízios não metálicos, cujas características são indicadas na Tabela 13.

**Tabela 13** – Características das argamassas colantes  
(Fonte: Tecnocola, 2005)

Propriedades	Método de ensaio	Unidade	Tipo II	TecnoFlex	TecnoCG
Tempo em aberto	NBR 14083	min	$\geq 20$	20	20
Resistência de aderência aos 28 dias em:					
Cura normal		MPa	$\geq 0,5$	1,5	1,0
Cura submersa em água	NBR 14084	MPa	$\geq 0,5$	0,7	0,7
Cura em estufa		MPa	$\geq 0,5$	1,0	0,7
Deslizamento	NBR 14085	mm	$\geq 0,5$	0,2	0,0

### 3.4.9 Argamassa de Rejuntamento

Para o rejuntamento das placas cerâmicas foi empregado um tipo de argamassa de rejuntamento industrializado tipo II, composto por cimento Portland, cargas minerais quartzosas, dolomita, pigmentos e aditivos específicos, o qual é comercializado pelo nome de Tecno Junta Flex, sendo indicado para rejuntamento de placas cerâmicas com juntas de até 13mm em ambientes internos e externos, cujas características são mostradas na Tabela 14.

**Tabela 14** – Características das argamassas de rejuntamento  
(Fonte: Tecnocola, 2005)

<b>Método / Propriedade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Idade de ensaio</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tecno JuntaFlex</b>
Resistência à compressão	MPa	14 dias	$\geq 10,0$	17,0
Resistência à tração na flexão	MPa	7 dias	$\geq 3,00$	6,0
Absorção de água por capilaridade aos 300min	g/cm <sup>2</sup>	28 dias	$\leq 0,30$	0,222
Permeabilidade aos 240min	cm <sup>3</sup>	28 dias	$\leq 1,0$	1,1

### 3.4.10 Revestimento Cerâmico

Em relação ao revestimento cerâmico, foi investigada a influência do tipo de base, do tipo de substrato onde foi aplicado o revestimento cerâmico e também do tipo de argamassa colante aplicada ao revestimento cerâmico. Foi usado apenas um tipo de placa cerâmica, sendo ela de 30x30 cm. As características das placas cerâmicas foram determinadas pelo laboratório cerâmico da indústria Cecrisa, o qual é o fabricante da mesma e estão apresentadas na Tabela 15.

**Tabela 15** – Características dos revestimentos cerâmicos

<b>Nome do Produto:</b> ALMOND BASIC MATTE	<b>Linha:</b> BASICS	<b>Formato:</b> 30x30 cm
<b>Marca:</b> CECRISA		
<b>Características Determinadas conforme as NBR 13817 e NBR 13818</b>	<b>Especificação Cecrisa</b>	<b>Exigência NBR's</b>
Variação de dimensões em relação à W (%):	+/- 0,60	+/- 0,6
Variação de dimensões em relação à Média (%):	+/- 0,25	+/- 0,5
Variação de espessura (%):	+/- 4,0	+/- 5,0
Retidão dos lados (%):	+0,1 / -0,3	+/- 0,5
Desvio da ortogonalidade (%):	+/- 0,40	+/- 0,6
Desvio de curva. do centro em relação à diag. (%):	+0,5 / -0,1	+/- 0,50
Desvio de curvatura dos lados (%):	+0,3 / -0,1	+/- 0,50
Empeno em relação diagonal (%):	+0,4 / -0,3	+/- 0,50
Qualidade da superfície (%):	>= 95	>= 95
Absorção da água (%):	3,0 a 6,0	3,0 a 6,0
Resistência à flexão (N/mm <sup>2</sup> ):	>= 30	>= 22
Carga de ruptura (N):	>= 700	>= 600
PEI - Resistência à abrasão:	3	Especificar
Resistência à abrasão profunda (mm <sup>3</sup> ):	-	-
Coefficiente de dilatação linear (x 10-6):	6,6 a 7,2	-
Resistência a choques térmicos:	OK	-
Expansão por hidratação - (mm/m):	<= 0,6	-
Resistência ao gretamento:	OK	Requerida
Resistência ao gelo:	-	-
Resistência aos produtos químicos:	GA	Min. Classe GB

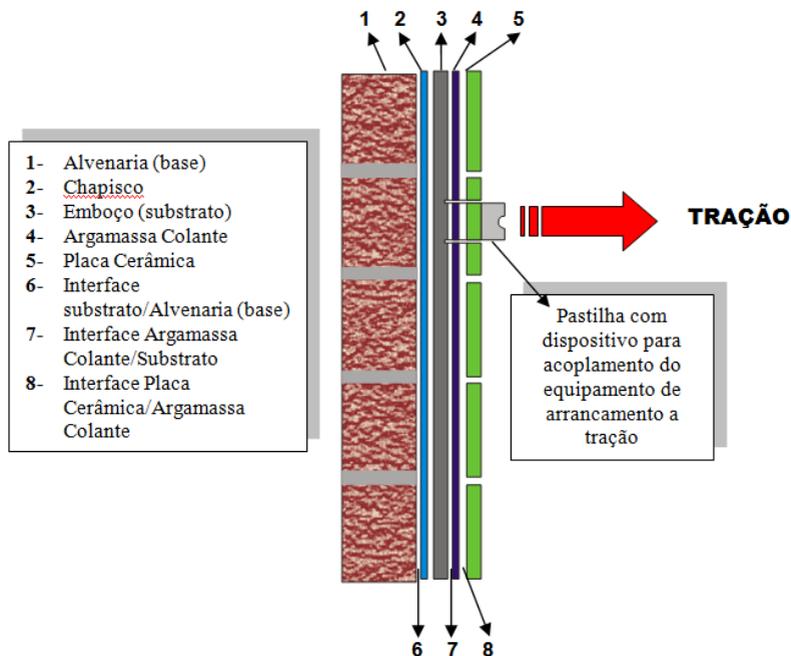
### 3.4.11 Construção dos Painéis e Obtenção das Amostras

Para avaliar e quantificar a aderência de revestimentos cerâmicos a substratos porosos pode-se empregar ensaios de tração ou ensaio de cisalhamento. Neste experimento, a aderência foi estudada através de testes de arrancamento à tração. Para tanto, cortou-se o painel perpendicularmente ao seu plano com uma serra copo diamantada de 50mm de diâmetro interno, até atingir-se a face da alvenaria para os revestimentos cerâmicos aplicados diretamente na alvenaria (DB) e

também para os que foram aplicados somente sobre o chapisco (SC). Para os revestimentos cerâmicos aplicados sobre a camada de chapisco+emboço (E), estes foram feitos os cortes até atingir a face do emboço.

Quanto à obtenção das amostras, de início, obteve-se certa dificuldade na fase de corte, pois era feito a seco e desta forma demorava-se muito tempo para finalizar um corte e exigia-se muito esforço físico para o mesmo. Também como consequência a serra copo acabava desgastando rapidamente. Depois de algumas tentativas para solucionar esse problema, conseguiu-se então definir que a melhor forma para a realização do corte era utilizando água corrente no processo de corte, a qual ajudava no resfriamento da serra copo evitando o desgaste precoce e facilitando o corte.

Posteriormente, sobre os corpos-de-prova assim obtidos foram coladas com adesivo epóxi “pastilhas” de metal com dispositivo para acoplamento do equipamento de tração. A Figura 22 mostra este procedimento:



**Figura 22** – Esquema do ensaio de arrancamento por tração para avaliação da aderência de revestimentos cerâmicos

Quanto às exigências com relação à determinação da resistência de aderência a tração do revestimento cerâmico ao substrato, pode-se citar o limite prescrito pela NBR 13755 (1997), onde o valor médio de aderência deve ser no mínimo igual a 0,3 MPa, aos 28 dias. O resultado final, expresso em MPa, é a média de no mínimo 5 valores individuais com afastamento menor ou igual do que 20% da média.

Ainda segundo a NBR 13755 (1997), é importante observar que, para a verificação da resistência de aderência o equipamento de tração deve permitir uma velocidade de carregamento uniforme de (250+ 50) N/s.

Por este ensaio foi determinada a influência dos diferentes substratos e tipos de argamassas colantes.

No total foram realizados dezoito arrancamentos para cada tipo de argamassa colante e substrato e, também, para cada idade estudada, totalizando 648 ensaios de resistência de aderência à tração.

A metodologia aplicada para a edificação dos painéis foi a seguinte:

A fim de simular o comportamento e ensaiar as argamassas em seu estado endurecido, foram construídos 6 painéis com área aproximadamente de 1m<sup>2</sup> cada, com blocos estruturais cerâmicos e de concreto, e cada painel foi dividido em 2 partes que foram revestidas com as placas cerâmicas em diferentes formas de aplicação às quais foram estudadas. Esses painéis estão localizados em um depósito de materiais de construção, externo ao LMCC, onde existe um contrapiso de concreto feito com o objetivo de conter a umidade proveniente do solo, como mostra a Figura 23.



**Figura 23** – Disposição dos painéis no local de ensaio

Para que os painéis estivessem expostos às condições similares a do meio ambiente, principalmente no que diz respeito à insolação, optou-se por orientar suas faces, com o revestimento cerâmico, em direção ao norte geográfico, a fim de que elas estivessem o maior tempo possíveis, expostas ao sol.

Os blocos foram assentados por um pedreiro profissional utilizando-se uma argamassa de proporções de mistura 1:1:6 em volume (cimento:cal hidratada:areia média), sendo o cimento do tipo CP II Z-32 e a cal CH III, com cerca de 15mm de espessura de junta. Para que a retração da argamassa de assentamento não interferisse na retração da argamassa de revestimento e na argamassa colante, as mesmas só foram aplicadas após o período de 28 dias do assentamento dos blocos. Previamente a essa aplicação e depois de decorrido o referido período de tempo, foi realizada a aplicação da camada de chapisco (espessura de 2 a 3 mm) com proporções 1:3 (cimento:areia grossa), a fim de promover uma aderência mais eficiente entre a argamassa de revestimento e o substrato. Finalmente, após a aplicação do chapisco e passado 14 dias, os painéis foram revestidos com a argamassa de emboço com uma espessura com cerca de 20 mm e 6mm para as argamassas colantes na aplicação das placas cerâmicas.

## 4 ANÁLISE ESTATÍSTICA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 GLM Univariado

Os ensaios de resistência de aderência à tração realizado nos revestimentos cerâmicos foram repetidos em três idades, a primeira ao 28º dia, a segunda ao 98º dia e a terceira ao 196º dia de idade. No total, foram obtidos 648 resultados.

Para a análise de dados foi necessário avaliar e interpretar a relação entre as diversas variáveis do experimento, para tanto foi necessária uma análise estatística.

O objetivo da análise estatística foi avaliar a influência das variáveis estudadas (idade do assentamento, tipo de bloco, tipo de argamassa colante e tipo de substrato) na resistência à tração do sistema de revestimento. Para tal foi usada a análise de variância (ANOVA) com quatro fatores. O Modelo Linear Geral univariado ou GLM (*General Linear Model univariate*) é o mais adequado para tal.

O GLM univariado provém da análise de regressão e análise de variância para uma variável dependente (univariado) e pelo menos um fator. No caso em questão há quatro fatores: tempo, tipo de bloco, tipo de argamassa e tipo de substrato. Estes fatores dividem a população em grupos. Através do procedimento *General Linear Model* foi possível testar a hipótese nula sobre a influência do efeito dos fatores na média da variável resposta em questão.

Há dois tipos de modelos, o balanceado e não balanceado. Um modelo é definido como balanceado quando todos os indivíduos da amostra foram submetidos a todos os tratamentos, que não é o caso da atual análise. Portanto foi usado o modelo não balanceado.

O teste F foi utilizado a fim de avaliar se os fatores influenciam na variável resposta. A hipótese nula é de que o fator não influencia na variável resposta, ou seja, se o valor p para o teste F for inferior a 5%, há indícios de que o efeito que o fator exerce sob a média da variável resposta é significativo. Caso seja detectada a diferença, é necessário identificar onde está a diferença. Para isso foram realizadas comparações múltiplas usando o teste de Bonferroni (ou *post-hoc*).

As suposições para o uso dessa técnica são de que a variável dependente seja quantitativa, que a amostra coletada seja aleatória, proveniente de uma população normalmente distribuída e possua homogeneidade de variância entre grupos. Porém o modelo é bastante robusto à violação da normalidade nos casos em que a distribuição da variável seja pelo menos simétrica.

Além do teste F, a avaliação do modelo pode ser feita através das estatísticas  $R^2$  (porcentagem da variância explicada pelo modelo),  $R^2$  ajustado (porcentagem da variância explicada pelo modelo ajudando pelo número de parâmetros ajustados) e análise de resíduos.

O nível de significância adotado em todos os testes realizados foi de 5%, ou seja, a hipótese nula foi rejeitada sempre que o p-valor encontrado foi inferior a 0,05.

Para realização das análises, foram utilizados os softwares estatísticos SPSS versão 16 e Minitab versão 15.

Para uma melhor visualização do comportamento de cada variável quantitativa tensão entre os grupos, foram construídos gráficos de caixa – *boxplot*. Através deles é possível ver o comportamento da variável em cada grupo, a distribuição das médias e das medianas e a variabilidade (através da amplitude e da distância interquartilica).

Os asteriscos que às vezes aparecem no *box-plot* indicam que aquelas observações são *outliers* (valores extremos) “muito extremos”, e os pequenos círculos indicam *outliers* que não são tão extremos. O local onde a linha vertical começa (de baixo para cima) indica o mínimo (excetuando algum possível valor extremo), e onde a linha termina indica o máximo, também excetuando algum possível *outlier*.

O retângulo no meio dessa linha possui três linhas horizontais. A de baixo (que é o próprio contorno externo inferior do retângulo) indica o primeiro quartil, a de cima (que também é o próprio contorno externo superior do retângulo) indica o terceiro quartil e a do meio indica a mediana.

Para calcular o primeiro quartil, primeiramente ordenam-se os dados do menor para o maior. O valor que é maior que os 25% menores, e menor que os 75% maiores, é o primeiro quartil, pois deixa um quarto dos dados “abaixo” dele. Analogamente, o terceiro quartil é o valor que é maior que os 75% menores, e menor que os 25% maiores.

A mediana é o nome mais popular do segundo quartil, pois ela é o valor que é maior que os 50% menores, e menor que os 50% maiores, ou seja, ela está no meio dos dados ordenados. Ela é a medida de tendência central mais indicada quando os dados possuem distribuição assimétrica, mais indicada até do que a média aritmética, que nesse caso seria influenciada pelos valores extremos.

## 4.2 Resultados Obtidos

Uma sequência de ensaios de resistência de aderência à tração em sistemas de revestimentos cerâmicos assentados foi realizada.

Os ensaios se repetiram por 3 vezes, ou seja, 3 idades de ensaio diferentes.

Eles tiveram algumas variáveis entre si como:

- Idade (idade/tempo de exposição em três níveis: 28, 98 e 196 dias);
- Tipo de bloco (BL = bloco liso de cerâmica, BR = bloco ranhurado de cerâmica e BC = bloco de concreto);
- Tipo de argamassa colante (AC II e AC CG);
- Tipo de substratos (DB = direto no bloco, SC = só chapisco e E = chapisco + emboço).

A Tabela 16 resume as informações descritivas das medições de resistência à tração nas três idades ensaiadas, para cada tipo de bloco, substrato e argamassa colante.

No Apêndice 02, está apresentada uma tabela geral com todos os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência à tração.

**Tabela 16** - Estatísticas descritivas da resistência de aderência à tração, nas três idades ensaiadas, por Tipo de Bloco, Substrato e Argamassa Colante

		Tensão Média (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Tensão Mínima (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
Tipo de bloco	BC	1,20	3,09	0,05	0,65
	BR	0,80	1,76	0,05	0,36
	BL	0,78	1,88	0,09	0,39
Tipo de substrato	E	1,13	1,88	0,18	0,31
	DB	0,89	3,09	0,05	0,59
	SC	0,80	2,81	0,06	0,51
Tipo de argamassa colante	AC CG	0,97	3,09	0,05	0,50
	ACII	0,80	2,99	0,05	0,55

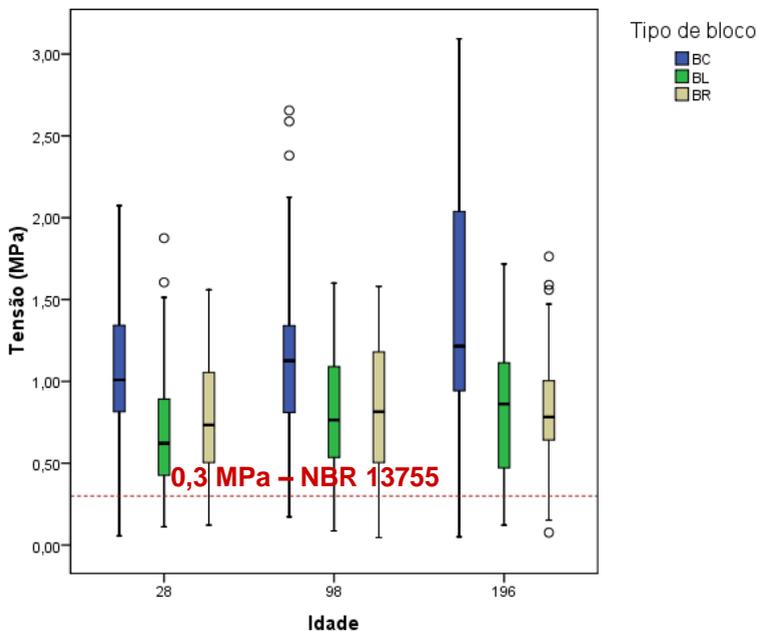
Os gráficos do tipo *Box-plot* são úteis para detectar, descritivamente, diferenças nos comportamentos de grupos de variáveis e valores *outliers*. Nas três figuras apresentadas na sequência, perceba-se a presença substancial de valores *outliers*.

#### 4.2.1 Influência do Tipo de Bloco

A Figura 24 apresenta as resistências à tração obtidas em função do tipo de bloco utilizado, no caso liso e ranhurado de cerâmica e bloco de concreto. Considerando os ensaios utilizando blocos lisos e ranhurados, a mediana das tensões foi semelhante nas três idades ensaiadas.

Já os ensaios utilizando blocos de concreto resultaram medidas de tensão um pouco maiores se comparadas às medidas quando utilizados os outros tipos de bloco, nas três idades. É possível ver também que na idade de 196 dias, o bloco de concreto foi o que apresentou maior variação na medida de tensão.

Ao realizar uma análise de variância, observou-se que o bloco de concreto é significativamente diferente dos outros tipos de bloco, ou seja, produziu maior resistência do que quando utilizados os outros tipos de bloco.



**Figura 24 - Box-Plot da variável Tensão por TIPO DE BLOCO**

#### 4.2.2 Influência do Tipo de Substrato

De acordo com a Figura 25 observou-se que parecia haver diferença nas medidas de tensão de acordo com o tipo de substrato utilizado no ensaio, e que esta diferença permanece a mesma independente da idade. Ou seja, nas três idades de ensaio (28, 98 e 196 dias de assentamento), a tensão mediana foi maior com o substrato do tipo emboço. A utilização deste substrato também resultou menor variabilidade na medida de tensão.

Nestes ensaios com a variação do tipo de substrato observou-se maior presença de *outliers*, que são observações numericamente distantes do restante dos dados.

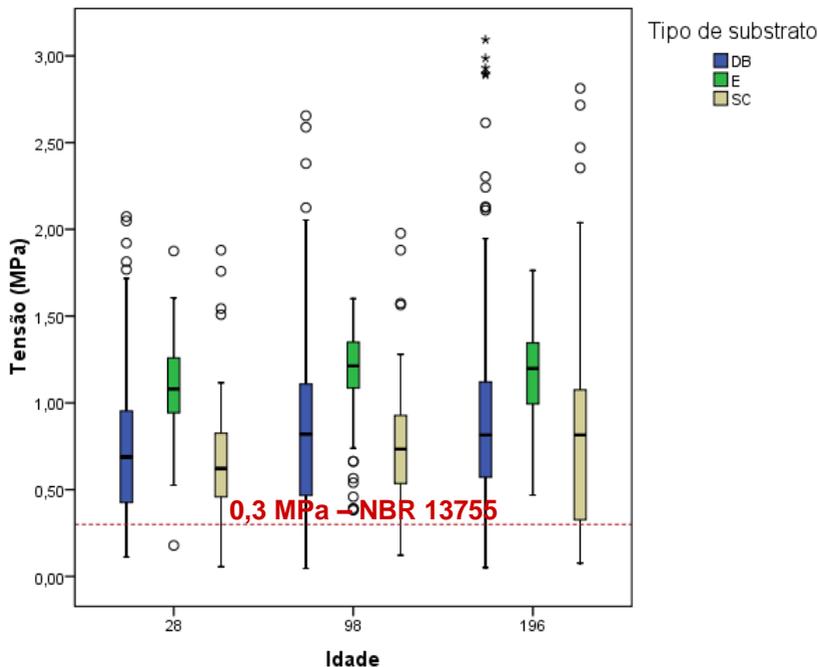


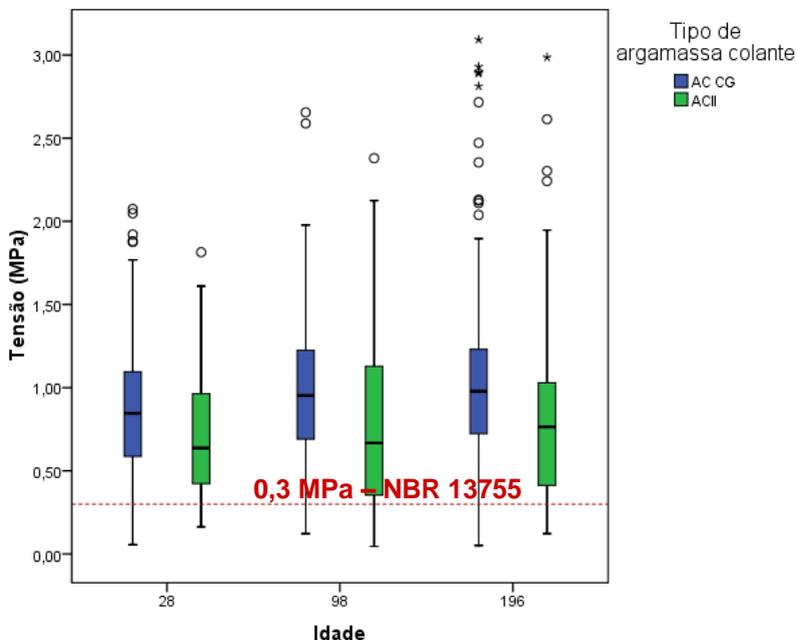
Figura 25 - Box-Plot da variável Tensão por TIPO DE SUBSTRATO

#### 4.2.3 Influência do Tipo de Argamassa

Com relação ao tipo de argamassa colante utilizada, a resistência à tração não variou muito ao longo dos tempos na realização dos ensaios. A variabilidade das medidas utilizando a argamassa colante do tipo ACII foi um pouco maior que as medições de tensão quando utilizada a argamassa colante do tipo AC CG.

Percebe-se que nas três idades (28, 98 e 196 dias de assentamento), a mediana das medidas de resistência à tração foi maior nos ensaios nos quais foi utilizada a argamassa do tipo AC CG, como pode ser visto abaixo na Figura 26.

Na idade de 196 dias, em comparação com os outros dois tempos, nota-se um aumento na presença de *outliers*.

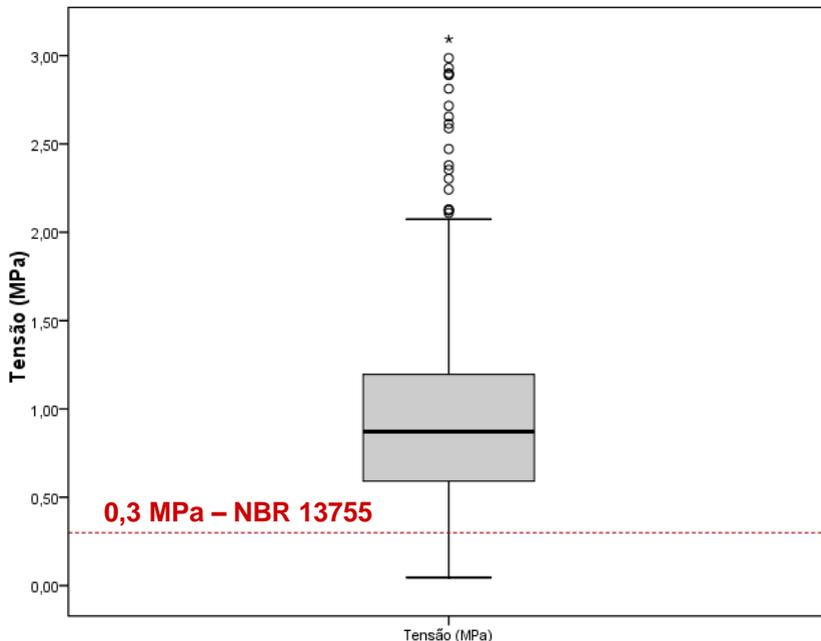


**Figura 26 - Box-Plot da variável Tensão por TIPO DE ARGAMASSA COLANTE**

#### 4.2.4 Variável Resposta Original

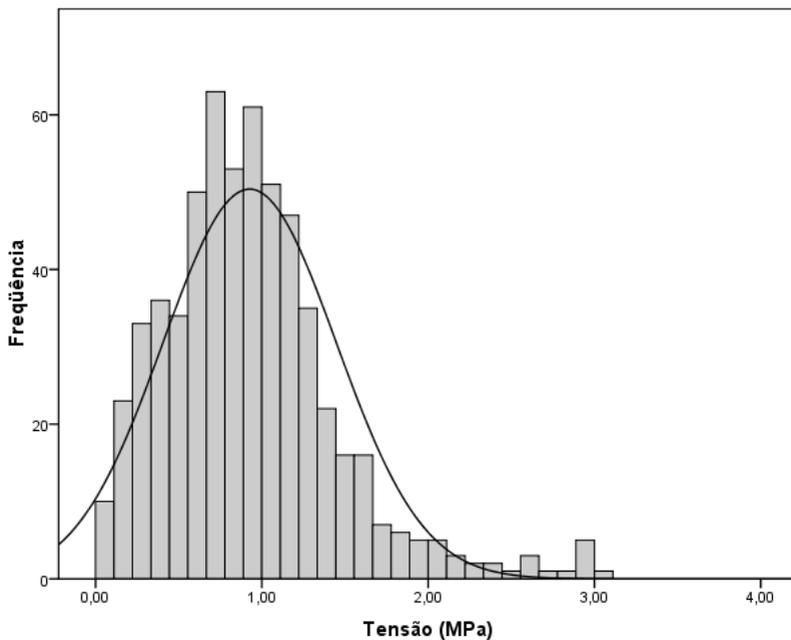
A variável resposta em questão é definida como a resistência de aderência à tração do revestimento cerâmico. Para definir um modelo, é necessário verificar as condições da variável resposta.

Na Figura 27, a representação gráfica através do *Box-plot* é abundante, no sentido de informar, entre outras coisas, a variabilidade e simetria dos dados, neste caso, refere-se a todos os dados da variável tensão.



**Figura 27 - Box-Plot da variável TENSÃO**

Percebe-se na Figura 28 que a distribuição da resistência de aderência à tração é bastante assimétrica. Ao realizar os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk encontrou-se valores de p abaixo de 0,000 o que indica que a distribuição dos dados não é normal.



**Figura 28** - Histograma da variável TENSÃO

Uma vez observada a não normalidade da distribuição dos resultados, o uso da transformação *Box-Cox* é recomendado, a qual está mostrada no Apêndice 03.



## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Houve um planejamento experimental prévio para a coleta das informações. Para os ensaios de arrancamento, foram moldados três tipos de painéis, os quais foram definidos para simular o comportamento das paredes com diferentes tipos de blocos e revestidas com diferentes tipos de substrato e argamassa colante.

De acordo com os resultados obtidos para o estudo dos ensaios de aderência realizados nos revestimentos cerâmicos, foi ajustado um modelo que considera a idade de arrancamento, o tipo de bloco, de substrato e de argamassa colante, além da interação entre eles.

Com o objetivo de investigar quais fatores possuíam efeito na tensão, ou seja, na resistência de aderência ao arrancamento comprovou-se, que os quatro fatores exercem efeito sobre a tensão média.

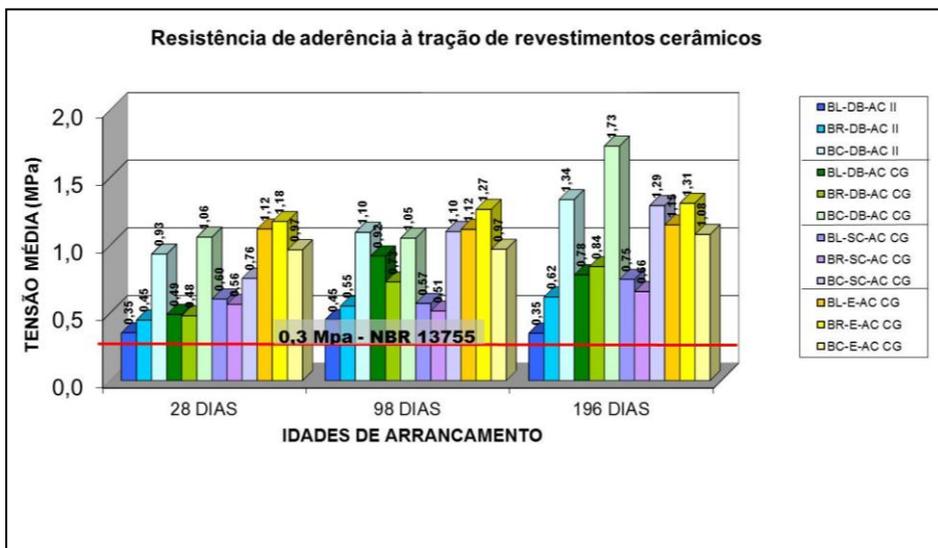
Também podemos dizer, observando, primeiramente no gráfico da Figura 29 que:

- em todas as situações estudadas, as resistências de aderência foram superiores a 0,3 MPa, que é o que determina a NBR 13755 (1997), quando o revestimento é aplicado em fachada (situação de maior exigência);

- no geral as maiores resistências de aderência se deram nos blocos de concreto;

- se compararmos os dois tipos de bloco cerâmico, quando o revestimento cerâmico é aplicado diretamente sobre o mesmo e com argamassa colante do tipo ACII, situação esta, mais conveniente no ponto de vista da construtora, por redução no tempo de execução, consumo de materiais e mão de obra, percebemos que os melhores resultados de resistência de aderência à tração se deram nos blocos cerâmicos ranhurados, ainda que estes resultados tenham sido menores que quando utilizado o blocos de concreto, os mesmos atenderam as exigências da norma;

- porém, quando utilizado bloco cerâmico as melhores resistências de aderência alcançadas foram quando utilizado a forma tradicional, que é o revestimento cerâmico assentado sobre a camada de emboço (chapisco+emboço) como base para a argamassa colante. O que não podemos dizer o mesmo para os blocos de concreto, mesmo que a diferença não seja significativa como se deu para os blocos cerâmicos, para os blocos de concreto a melhor situação foi quando o revestimento cerâmico foi assentado diretamente sobre o bloco.

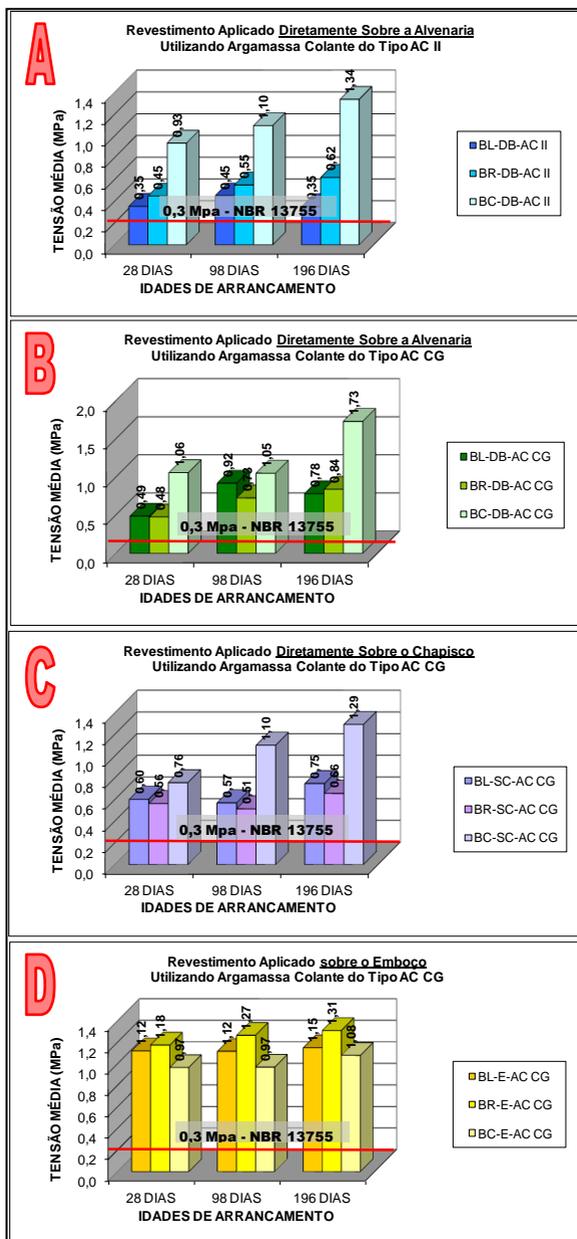


**Figura 29** – Gráfico geral com as resistências de aderência à tração

Já na Figura 30 percebemos que:

- no gráfico (D) quando utilizado emboço (chapisco+emboço) a resistência de aderência elevou significativamente para todos os substratos (BL, BR e BC), porém os que mais se destacaram foram os blocos cerâmicos com relação ao de concreto.

- quando aplicado o revestimento cerâmico diretamente sobre o bloco (DB), no geral, o bloco cerâmico que teve melhores resistências de aderência foi o ranhurado (gráfico A e B), já o bloco de concreto teve uma resistência ainda maior que os cerâmicos.



**Figura 30** – Gráficos com as resistências de aderência à tração, separados por substratos



## 6 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de revestimentos cerâmicos quanto a sua resistência de aderência à tração, quando aplicados diretamente sobre a alvenaria de blocos estruturais.

Este estudo mostrou-se de relevância no meio técnico, no entanto, para uma análise mais abrangente, é necessário realizar ensaios com uma área de assentamento (pano) do revestimento cerâmico maior, introduzindo outras variáveis tais com as condições climáticas de maneira mais próxima da realidade dos canteiros de obra, como também, situações extremas de mudanças bruscas de temperatura (choque térmico). Cabe ressaltar, que os resultados desta pesquisa correspondem a um pano de assentamento pequeno e expostas as variações climáticas da cidade de Florianópolis-SC, desta forma não devendo ser generalizado além destas para outras condições sem um estudo prévio.

Recomenda-se que a utilização de revestimento cerâmico diretamente sobre o substrato seja aplicado em obras de alvenaria estrutural, devido às características deste sistema construtivo, como: estabilidade dimensional (qualidade) dos blocos estruturais com relação aos de vedação, e também por não existir a diferença na interface de materiais entre alvenaria e estrutura (vigas e pilares).

Quanto ao tipo de argamassa utilizada, a argamassa colante especial para aplicação em camada grossa (AC CG), apresentou valores de resistência à tração, uma sensível diferença de resultado superior a outra argamassa colante avaliada (AC II).

O revestimento cerâmico quando aplicado diretamente sobre o bloco (DB), no geral, o bloco cerâmico ranhurado obteve melhores resistências de aderência em relação ao bloco cerâmico liso. Contudo, comparativamente, o bloco de concreto teve uma diferença significativamente superior aos outros tipos de bloco, ou seja, produziu maior resistência do que quando utilizados os blocos cerâmicos.

Com relação ao tipo de substrato observou-se que existe diferença nas medidas de tensão de acordo com o tipo de substrato utilizado no ensaio, e que esta diferença permanece a mesma independente da idade. Ou seja, nas três idades de ensaio (28, 98 e 196 dias de assentamento), a tensão mediana foi maior com o substrato do tipo emboço. A utilização deste substrato também resultou menor variabilidade na medida de tensão. Isto do ponto de vista comparativo

aos demais resultados, porém, todos foram suficientes acima do estabelecido pela norma brasileira.

Com base nos resultados apresentados conclui-se, que é possível tecnicamente ser aplicado o revestimento cerâmico (30x30 ou inferior) com argamassa colante do tipo ACII, diretamente sobre a alvenaria de bloco estrutural cerâmico ou de concreto.

Este trabalho procurou contribuir para o desenvolvimento racionalizado da tecnologia da aplicação de revestimentos cerâmicos diretamente sobre blocos, e se for seguido à mesma forma de execução, no que diz respeito, por exemplo, à planeza da parede, a qualidade e características dos materiais usados neste trabalho, e sem perder a qualidade de suas obras, a construção civil poderá obter resultados como: redução do custo de materiais, mão de obra e tempo de execução, além de oferecer um melhor preço ao consumidor, assim como a melhoria da eficiência dos processos construtivos.

## **7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A seguir são apresentados sugestões para trabalhos futuros:

- Desenvolver estudos para avaliar a resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos aplicados diretamente sobre a alvenaria aplicando argamassa colante somente na alvenaria;

- Estudos utilizando blocos de vedação, de forma a avaliar a resistência de aderência à tração do revestimento cerâmico aplicados diretamente sobre os mesmos, aplicando argamassa colante na alvenaria e no tardo da placa (dupla colagem) e também aplicada somente na alvenaria;

- Estudar a resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos aplicados sobre gesso acartonado e as variações de aplicação (assentamento da placa cerâmica).



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento. Brasil. Disponível em: <<http://www.anfacer.com.br>>. Acesso em dez. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26**: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 7251**: Agregados em estado solto - determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 13816:** Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 13817:** Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 14081:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – especificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14083:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14084:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – determinação da resistência de aderência. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14085:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – determinação do deslizamento. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3:** Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

BARROS, M. M. S. B. **Racionalização dos métodos, processos e sistemas construtivos.** Comissão de Pesquisa do Departamento de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

BAUER, R. J. F; RAGO, F. **Expansão por umidade de placas cerâmicas para revestimentos,** Cerâmica Industrial, v.5, n.3, p. 41-45, mai/jun. 2000.

BRASIL. Banco Nacional do Desenvolvimento. **Panorama do setor de revestimentos cerâmicos, 2006.** Disponível em: . Acesso em: 23 jun. 2012

BRITISH STANDARD INSTITUTE. **BS 5628: Part 1:** Structural use of unreinforced masonry. London, 1992.

\_\_\_\_\_. **BS 1200:** Sands for mortar for plain and reinforced brickwork, blockwork, blockwalling and masonry. BSI. London, 1976.

CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M.. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. 2. ed. São Paulo: Nome da Rosa, 2008. 104 p.

CARASEK H. **Ensaio de aderência para revestimentos de argamassa**. In: JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, XXV, 1991, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre UFRGS, 1991, v. IV, p. 265-274.

CARASEK, H. Argamassas. In: **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. ISAIA,G.C. (Organizador/Editor).São Paulo: IBRACON,2007. P. 863-804

CARRIÓ, J. M. A. **Acabados por elementos. desprendimientos**. In: Curso de Patologia, Conservación y Restauración de edificios, 2. ed. Madrid, Colégio oficial de arquitectos de Madrid, 1993, v.3. cap.23. p. 187-224.

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

CONSÓRCIO SETORIAL PARA INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA. **Proposta de projeto para inovação em tecnologia de revestimentos de argamassas**. Documento apresentado à financiadora de estudos e projetos (FINEP). 16p. São Paulo, 2003.

DARINI, C. H. **Proposta de Metodologia para aplicação de revestimentos cerâmicos em Fachadas de edificações de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2006. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, São Paulo, 2006. 59p.

DOMÍNGUEZ, L. V. **Patologia de los revestimientos contínuos conglomerados**. In: **Curso de Patologia, Conservación y Restauración de edificios**, 2. ed. Madrid, Colégio oficial de arquitectos de Madrid, 1993, v.3. cap.22. p. 145-186.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 232 p.

FRANCO, L. S. **O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de

Edifícios: vedações verticais. p. 95-112. Anais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

GALLEGOS, H. **Adhesión entre el mortero y las unidades de albañería.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I, Goiânia, 1995. Anais... Goiânia UFG –ANTAC, 1995, p.117-133.

GOLDBERG, R. P. **Direct adhered ceramic tile, stone, masonry veneer, and thin brick facades** - Technical Manual. LATICRETE International. 2011. 286p.

GUAN, W. L.; ALUM, J.; LIU, Z.J.; YANG, T. **Performance of external tiled-wall systems under tropical weathering conditions.** Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, v. 11, no 1, 1997a, p. 24-34.

GUAN, W. L.; ALUM, J.; ZHAO, Z. Y.; ZHANG, W.L.; LIU, Z. J., **Impact of workmanship on performance of tile-wall systems.** Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, May, 1997b, p. 82-89.

JUST, A., FRANCO, L. S. **Descolamento dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife.** Boletim Técnico N.º 285 do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil; 2001.

LIRA, C. **Efeito de carbonatos de Ca, Mg e Li e da temperatura de sinterização na expansão por umidade de materiais cerâmicos para revestimentos.** Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

LOPES, C. A. S. **Durabilidade da Construção. Estimativa da vida útil de Revestimentos Cerâmicos em Fachadas.** Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, 2009.

MEDEIROS, J. S.. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios.** 457p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MENEZES, R. R. et al. **Aspectos fundamentais da expansão por umidade: uma revisão. Parte I: aspectos históricos, causas e correlações.** Cerâmica, Mar 2006, vol.52, n.º.321, p.1-14.

MIBIELLI, J. G.; ROMAN, H. R. **Influência do traço da argamassa de regularização na aderência do revestimento cerâmico externo.** In: ENTAC 95, Rio de Janeiro, 1995. p. 711-716.

OHAMA, Y. **Polymer-modified mortars and concretes.** In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) Concrete Admixtures Handbook. New Jersey: Noyes Publications, 1984. Cap.7, p.337-429.

ROMAN, L. M. F. et al. **The influence of grout thickness on the adherence of ceramic tiling systems.** In: WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY, VI, 2000 Castellón. Anais... Castellón, 2000a v.III p. 31-38.

ROMAN, L. M. F.; SAGAVE, A.; ROMAN, H. R.; ALARCON, O. E. **Análise da resistência de aderência em Sistemas de revestimento Cerâmico submetidos à ciclos higrotérmicos.** In: ENTAC, 8o, V. 2, 2000b. Salvador.

SABBATINI, F. H.; SELMO, S. M. S.; SILVA, M. M. A. **Diretrizes para produção e controle das argamassas de assentamento e revestimento.** Escola Politécnica da USP, PCC. São Paulo. 1989. (Relatório Técnico 1.C e E - Convênio EPUSP/ENCOL; CPqDCC-EPUSP).

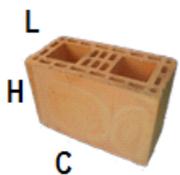
SOUZA V. C. M.; RIPPER T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo, Pini, 1998. 255p.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F.; BARROS, M. M. S. B.; SIMÕES, J. R. L. **A escolha do revestimento de fachada de edifícios influenciada pela ocorrência de problemas patológicos.** In: VII Congreso Latino Americano de Patología de la Construcción (CONPAT) e X Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Vol. II : Patología de la Construcción. Capítulo VIII: Acabados, Trabajo BR44, pp. VIII.1 - VIII.8. CONPAT 2005. Asunción, Paraguay, 2005.

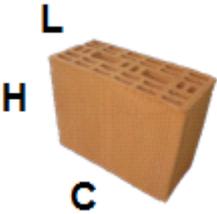


## 9 APÊNDICE 01

**Tabela 17-** Análise dimensional do Bloco Cerâmico Liso (BL)

				Verificação das Dimensões dos Blocos Cerâmicos Lisos - BL	
Bloco	C	L	H	Esquadro (mm)	Planeza (mm)
	média	média	média		
1	291,95	139,63	186,08	1,90	1,00
2	292,50	138,98	187,85	2,00	0,30
3	293,00	140,63	189,75	0,00	0,20
4	293,03	139,65	188,10	3,00	0,20
5	293,18	140,48	189,95	1,00	3,00
6	292,30	139,53	188,23	3,00	3,00
7	291,45	139,90	188,35	2,40	1,00
8	292,48	139,78	187,00	1,80	0,50
9	292,83	140,20	187,75	0,70	0,50
10	293,15	139,23	188,90	0,70	1,20
11	293,18	139,08	187,68	1,00	0,10
12	293,18	139,53	187,10	1,80	2,00
13	291,78	140,25	190,75	2,10	1,40
14	293,15	140,00	188,25	2,00	0,30
15	291,75	141,00	190,00	0,00	0,20
<b>Média (mm)</b>	<b>292,59</b>	<b>139,86</b>	<b>188,38</b>	<b>1,56</b>	<b>0,99</b>
S	0,61	0,58	1,28	0,95	0,98
C.V.	0,21%	0,41%	0,68%	61,14%	98,52%

**Tabela 18-** Análise dimensional do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR)

				Verificação das Dimensões dos Blocos Cerâmicos Ranhurados - BR	
Bloco	C	L	H	Esquadro (mm)	Planeza (mm)
	média	média	média		
1	245,83	116,13	192,03	1,80	1,50
2	247,65	117,18	192,65	1,10	1,50
3	246,50	116,83	189,05	1,10	1,45
4	247,40	117,43	192,53	1,50	2,40
5	245,55	116,18	193,53	1,90	2,10
6	244,55	116,55	191,58	1,70	2,00
7	247,03	117,53	192,73	1,80	2,60
8	246,98	117,73	192,95	0,75	1,20
9	243,70	115,23	191,60	0,80	1,75
10	245,70	115,48	190,30	1,30	2,45
11	243,43	115,35	189,23	1,40	2,10
12	244,38	116,80	190,35	1,60	1,00
13	244,98	116,25	191,63	1,30	1,10
14	246,15	118,33	189,43	1,10	1,50
15	244,70	114,85	193,13	1,10	1,45
Média (mm)	<b>245,63</b>	<b>116,52</b>	<b>191,51</b>	<b>1,35</b>	<b>1,74</b>
S	1,33	1,01	1,49	0,36	0,51
C.V.	0,54	0,87	0,78	26,82	29,13

**Tabela 19** - Absorção de água do Bloco Cerâmico Liso (BL)

<b>Absorção de Água - BL</b>			
Bloco	Ms (kg)	Mh (kg)	AA%
1	6,870	8,135	18,41%
2	6,990	8,160	16,74%
3	6,975	8,295	18,92%
4	6,915	8,155	17,93%
5	7,030	8,335	18,56%
6	6,925	8,245	19,06%
7	7,055	8,285	17,43%
8	6,825	8,125	19,05%
9	7,060	8,295	17,49%
10	6,985	8,280	18,54%
11	6,870	8,170	18,92%
12	6,895	8,090	17,33%
13	7,025	8,290	18,01%
14	6,980	8,200	17,48%
15	7,050	8,365	18,65%
Absorção de Água Média =			<b>18,08%</b>
S			<b>0,74%</b>
C.V.			<b>4,08%</b>

**Tabela 20** - Absorção de água do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR)

<b>Absorção de Água - BR</b>			
Bloco	Ms (kg)	Mh (kg)	AA%
1	5,560	6,510	17,09%
2	5,735	6,735	17,44%
3	5,480	6,465	17,97%
4	5,755	6,735	17,03%
5	5,675	6,665	17,44%
6	5,750	6,655	15,74%
7	5,745	6,740	17,32%
8	5,785	6,775	17,11%
9	5,455	6,405	17,42%
10	5,565	6,510	16,98%
11	5,420	6,340	16,97%
12	5,550	6,500	17,12%
13	5,535	6,490	17,25%
14	5,545	6,535	17,85%
15	5,460	6,455	18,22%
Absorção de Água Média =			<b>17,48%</b>
S			<b>0,57%</b>
C.V.			<b>3,24%</b>

**Tabela 21-** Taxa Inicial de Absorção do Bloco Cerâmico Liso (BL)

<b>Taxa Inicial de Absorção (Sucção) - BL</b>			
Área líquida média (cm <sup>2</sup> ) =			210,55
Área de contato lateral (cm <sup>2</sup> )=			101,75
Área total de contato (cm <sup>2</sup> )=			312,30
<b>Cálculo da Sucção</b>			
Bloco	M <sub>s</sub> (kg)	M <sub>i</sub> (kg)	Sucção (kg/m <sup>2</sup> .min)
1	6,870	6,925	1,761
2	6,990	7,050	1,921
3	6,975	7,025	1,601
4	6,915	6,980	2,081
5	7,030	7,085	1,761
6	6,925	6,975	1,601
7	7,055	7,115	1,921
8	6,825	6,880	1,761
9	7,060	7,115	1,761
10	6,985	7,040	1,761
11	6,870	6,915	1,441
12	6,895	6,960	2,081
13	7,025	7,085	1,921
14	6,980	7,045	2,081
15	7,050	7,095	1,441
Sucção média =			<b>1,79</b>
S =			<b>0,21</b>
C.V. =			<b>11,79%</b>

**Tabela 22-** Taxa Inicial de Absorção do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR)

<b>Taxa Inicial de Absorção (Sucção) - BR</b>			
Área líquida média (cm <sup>2</sup> ) =			164,26
Área de contato lateral (cm <sup>2</sup> )=			151,95
Área total de contato (cm <sup>2</sup> )=			316,21
<b>Cálculo da Sucção</b>			
Bloco	M <sub>s</sub> (kg)	M <sub>i</sub> (kg)	Sucção (kg/m <sup>2</sup> .min)
1	5,560	5,610	1,581
2	5,735	5,775	1,265
3	5,480	5,530	1,581
4	5,755	5,795	1,265
5	5,675	5,720	1,423
6	5,750	5,810	1,897
7	5,745	5,785	1,265
8	5,785	5,820	1,107
9	5,455	5,510	1,739
10	5,565	5,610	1,423
11	5,420	5,475	1,739
12	5,550	5,590	1,265
13	5,535	5,590	1,739
14	5,545	5,595	1,581
15	5,460	5,525	2,056
Sucção média =			<b>1,53</b>
S =			<b>0,27</b>
C.V. =			<b>17,77%</b>

**Tabela 23-** Área Líquida do Bloco Cerâmico Liso (BL)

<b>Área Líquida - BL</b>				
Bloco	H	M1 (g)	M2 (g)	Aliq (cm <sup>2</sup> )
1	18,61	8191	4262	211,15
2	18,79	8217	4295	208,78
3	18,98	8343	4341	210,91
4	18,81	8207	4278	208,88
5	19,00	8390	4365	211,90
6	18,82	8295	4315	211,45
7	18,84	8340	4365	211,04
8	18,70	8180	4246	210,37
9	18,78	8357	4362	212,78
10	18,89	8326	4335	211,28
11	18,77	8216	4267	210,42
12	18,71	8144	4259	207,64
13	19,08	8290	4295	209,44
14	18,83	8200	4255	209,56
15	19,00	8365	4325	212,63
Área Líquida Média (cm <sup>2</sup> ) =				<b>210,55</b>
S				<b>1,46</b>
C.V.				<b>0,69%</b>

**Tabela 24-** Área Líquida do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR)

<b>Área Líquida - BR</b>				
Bloco	H	M1 (g)	M2 (g)	Aliq (cm <sup>2</sup> )
1	19,20	6549	3433	162,27
2	19,27	6760	3556	166,31
3	18,91	6506	3403	164,14
4	19,25	6764	3556	166,63
5	19,35	6695	3513	164,42
6	19,16	6695	3546	164,37
7	19,27	6775	3557	166,97
8	19,30	6805	3576	167,35
9	19,16	6438	3341	161,64
10	19,03	6541	3431	163,43
11	18,92	6380	3315	161,98
12	19,04	6531	3418	163,54
13	19,16	6530	3425	162,04
14	18,94	6571	3426	166,03
15	19,31	6497	3352	162,85
Área Líquida Média (cm <sup>2</sup> ) =				<b>164,26</b>
S				<b>1,97</b>
C.V.				<b>1,20%</b>

**Tabela 25-** Massa Unitária do Bloco Cerâmico Liso (BL)

<b>Massa Unitária - BL</b>					
Bloco	Ms (g)	M1 (g)	M2 (g)	V <sub>r</sub> (cm <sup>3</sup> )	Mu (kg/m <sup>3</sup> )
1	6870	8191	4262	3929	1748,54
2	6990	8217	4295	3922	1782,25
3	6975	8343	4341	4002	1742,88
4	6915	8207	4278	3929	1759,99
5	7030	8390	4365	4025	1746,58
6	6925	8295	4315	3980	1739,95
7	7055	8340	4365	3975	1774,84
8	6825	8180	4246	3934	1734,88
9	7060	8357	4362	3995	1767,21
10	6985	8326	4335	3991	1750,19
11	6870	8216	4267	3949	1739,68
12	6895	8144	4259	3885	1774,77
13	7025	8290	4295	3995	1758,45
14	6980	8200	4255	3945	1769,33
15	7050	8365	4325	4040	1745,05
Massa Unitária Média (cm <sup>3</sup> ) =					<b>1755,64</b>
S					<b>15,025</b>
C.V.					<b>0,86%</b>

**Tabela 26-** Massa Unitária do Bloco Cerâmico Ranhurado (BR)

<b>Massa Unitária - BR</b>					
Bloco	Ms (g)	M1 (g)	M2 (g)	V <sub>r</sub> (cm <sup>3</sup> )	Mu (kg/m <sup>3</sup> )
1	5560	6549	3433	3116	1784,34
2	5735	6760	3556	3204	1789,95
3	5480	6506	3403	3103	1766,03
4	5755	6764	3556	3208	1793,95
5	5675	6695	3513	3182	1783,47
6	5750	6695	3546	3149	1825,98
7	5745	6775	3557	3218	1785,27
8	5785	6805	3576	3229	1791,58
9	5455	6438	3341	3097	1761,38
10	5565	6541	3431	3110	1789,39
11	5420	6380	3315	3065	1768,35
12	5550	6531	3418	3113	1782,85
13	5535	6530	3425	3105	1782,61
14	5545	6571	3426	3145	1763,12
15	5460	6497	3352	3145	1736,09
Massa Unitária Média (cm <sup>2</sup> ) =					<b>1780,29</b>
S					<b>19,987</b>
C.V.					<b>1,12%</b>

**Tabela 27-** Análise dimensional do Bloco de Concreto (BC)

				<b>Verificação das Dimensões dos Blocos de Concreto - BC</b>	
Bloco	C média	L média	H média		
1	391,39	139,50	189,00	1,0	1,0
2	391,31	140,50	190,50	1,0	0,5
3	391,61	140,25	190,50	0,0	0,0
4	391,15	140,25	190,75	0,0	0,0
5	391,80	140,25	192,00	2,5	1,0
6	392,75	140,50	190,25	2,0	1,0
7	391,03	140,50	189,00	1,0	0,0
8	391,09	141,00	189,25	2,0	1,0
9	391,11	141,00	188,50	1,5	1,0
10	391,94	141,00	190,00	2,5	0,5
11	390,64	141,25	189,50	1,5	0,5
12	392,13	140,00	189,50	1,0	0,0
13	391,10	140,20	189,00	2,0	1,0
14	391,09	140,00	190,30	1,5	0,5
15	391,57	140,00	190,00	0,0	1,0
Média (mm)	<b>391,45</b>	<b>140,41</b>	<b>189,87</b>	1,30	0,60
S	0,53	0,48	0,90	0,84	0,43
C.V.	0,14%	0,34%	0,47%	64,69%	71,82%

**Tabela 28-** Absorção de água do Bloco de Concreto (BC)

<b>Absorção de Água - BC</b>			
Bloco	Ms (kg)	Mh (kg)	AA%
1	11,405	12,094	6,04%
2	11,520	12,177	5,70%
3	11,345	12,062	6,32%
4	11,530	12,277	6,48%
5	11,565	12,327	6,59%
6	11,470	12,195	6,32%
7	11,350	12,077	6,41%
8	11,535	12,239	6,10%
9	11,340	12,093	6,64%
10	11,500	12,255	6,57%
11	11,615	12,236	5,35%
12	11,320	12,062	6,55%
13	11,410	12,084	5,91%
14	11,515	12,137	5,40%
15	11,320	12,002	6,02%
Absorção de Água Média =			<b>5,85%</b>
S			<b>0,42%</b>
C.V.			<b>7,22%</b>

**Tabela 29-** Taxa Inicial de Absorção do Bloco de Concreto (BC)

<b>Taxa Inicial de Absorção (Sucção) - BC</b>			
Área líquida média (cm <sup>2</sup> ) =			284,94
Área de contato lateral (cm <sup>2</sup> )=			90,20
Área total de contato (cm <sup>2</sup> )=			375,14
<b>Cálculo da Sucção</b>			
Bloco	M <sub>s</sub> (kg)	M <sub>i</sub> (kg)	Sucção (kg/m <sup>2</sup> .min)
1	11,405	11,415	0,267
2	11,520	11,525	0,133
3	11,345	11,355	0,267
4	11,530	11,535	0,133
5	11,565	11,570	0,133
6	11,470	11,485	0,400
7	11,350	11,360	0,267
8	11,535	11,545	0,267
9	11,340	11,350	0,267
10	11,500	11,510	0,267
11	11,615	11,625	0,267
12	11,320	11,345	0,666
13	11,410	11,430	0,533
14	11,515	11,530	0,400
15	11,320	11,335	0,400
Sucção média =			<b>0,31</b>
S =			<b>0,15</b>
C.V. =			<b>47,69%</b>

**Tabela 30-** Área Líquida do Bloco de Concreto (BC)

<b>Área Líquida - BC</b>				
Bloco	H	M <sub>1</sub> (g)	M <sub>2</sub> (g)	Aliq (cm <sup>2</sup> )
1	18,90	12038	6685	283,23
2	19,05	12120	6747	282,05
3	19,05	12014	6657	281,21
4	19,08	12225	6773	285,82
5	19,20	12272	6782	285,94
6	19,03	12145	6723	284,99
7	18,90	12022	6631	285,24
8	18,93	12184	6706	289,46
9	18,85	12031	6642	285,89
10	19,00	12209	6771	286,21
11	18,95	12190	6771	285,96
12	18,95	12008	6597	285,54
13	18,90	12084	6680	285,93
14	19,03	12137	6752	282,97
15	19,00	12002	6613	283,63
Área Líquida Média (cm <sup>2</sup> ) =				<b>284,94</b>
S				<b>2,04</b>
C.V.				<b>0,71%</b>

**Tabela 31-** Massa Unitária do Bloco de Concreto (BC)

<b>Massa Unitária - BC</b>					
Bloco	Ms (g)	M <sub>1</sub> (g)	M <sub>2</sub> (g)	V <sub>r</sub> (cm <sup>3</sup> )	Mu (kg/m <sup>3</sup> )
1	11405	12038	6685	5353	2130,58
2	11520	12120	6747	5373	2144,05
3	11345	12014	6657	5357	2117,79
4	11530	12225	6773	5452	2114,82
5	11565	12272	6782	5490	2106,56
6	11470	12145	6723	5422	2115,46
7	11350	12022	6631	5391	2105,36
8	11535	12184	6706	5478	2105,70
9	11340	12031	6642	5389	2104,29
10	11500	12209	6771	5438	2114,75
11	11615	12190	6771	5419	2143,38
12	11320	12008	6597	5411	2092,03
13	11410	12084	6680	5404	2111,40
14	11515	12137	6752	5385	2138,35
15	11320	12002	6613	5389	2100,58
Massa Unitária Média (cm <sup>3</sup> ) =					<b>2116,34</b>
S					<b>15,89</b>
C.V.					<b>0,75%</b>

**Tabela 32-** Resistência à Compressão da Argamassa de Assentamento e Revestimento – corpo de prova (5x10)cm

<b>Resistência à Compressão - Argamassa Assentamento e Revestimento - CP CILÍNDRICO</b>					
<b>Cálculo da Resistência Individual e Média</b>					
Bloco	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)
1	9,915	4,995	19,586	6,06	3,09
2	10,000	5,000	19,625	5,48	2,79
3	9,950	5,035	19,901	6,98	3,51
4	9,925	5,040	19,940	5,92	2,97
5	9,980	5,010	19,704	6,02	3,06
6	10,000	5,005	19,664	6,92	3,52
7	10,000	5,000	19,625	6,44	3,28
8	9,980	5,020	19,782	7,28	3,68
9	9,995	5,000	19,625	6,44	3,28
10	10,000	5,000	19,625	6,00	3,06
Média					<b>3,22</b>
Desvio Padrão					<b>0,28</b>
C.V.					<b>8,69%</b>

**Tabela 33-** Resistência à Compressão da Argamassa de Assentamento e Revestimento – corpo de prova (4x4x16)cm

<b>Resistência à Compressão - Argamassa Assentamento e Revestimento - CP PRISMÁTICO</b>						
<b>Cálculo da Resistência Individual e Média</b>						
Bloco	C (cm)	L (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)
1	16,045	4,050	3,990	16,16	4,320	2,67
2	16,050	4,035	4,030	16,26	4,160	2,56
3	15,985	4,020	3,980	16,00	4,300	2,69
4	16,170	4,025	3,980	16,02	4,220	2,63
5	16,140	4,045	3,990	16,14	5,080	3,15
6	16,160	4,020	4,030	16,20	4,780	2,95
7	16,000	3,915	4,030	15,78	5,500	3,49
8	16,115	4,020	4,000	16,08	5,860	3,64
9	16,045	4,030	3,970	16,00	6,100	3,81
10	16,040	4,030	4,020	16,20	5,760	3,56
Média						<b>3,11</b>
Desvio Padrão						<b>0,48</b>
C.V.						<b>15,30%</b>

**Tabela 34** - Resistência à Tração na Flexão da Argamassa de Assentamento e Revestimento – corpo de prova (4x4x16)cm

<b>Resistência à Tração na Flexão - Argamassa Assentamento e Revestimento - CP PRISMÁTICO</b>					
<b>4.1 Cálculo da Resistência Individual e Média</b>					
Bloco	L (cm)	C (cm)	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga de ruptura (N)	Tensão de ruptura (MPa)
1	16,05	4,05	3,99	640,00	1,50
2	16,05	4,04	4,03	580,00	1,36
3	15,99	4,02	3,98	840,00	1,97
4	16,17	4,03	3,98	680,00	1,59
5	16,14	4,05	3,99	720,00	1,69
6	16,16	4,02	4,03	640,00	1,50
7	16,00	3,92	4,03	660,00	1,55
8	16,12	4,02	4,00	780,00	1,83
9	16,05	4,03	3,97	700,00	1,64
10	16,04	4,03	4,02	700,00	1,64
Média					<b>1,63</b>
Desvio Padrão					<b>0,17</b>
C.V.					<b>10,70%</b>

## 10 APÊNDICE 02

**Tabela 35 - Resistência de Aderência à Tração dos Revestimentos Cerâmicos com Idade de 28 dias**

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-DB-ACII														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,22	1962,5	0,62	0,35	0,20	56,86		100						
2	1,85	1962,5	0,94					30	30	30				
3	-----	1962,5	0,00											x
4	0,69	1962,5	0,35					90						
5	0,83	1962,5	0,42						50					
6	-----	1962,5	0,00											x
7	-----	1962,5	0,00											x
8	-----	1962,5	0,00											x
9	-----	1962,5	0,00											x
10	1,08	1962,5	0,55											
11	-----	1962,5	0,00											x
12	0,72	1962,5	0,37											
13	1,59	1962,5	0,81							90		10		
14	1,18	1962,5	0,60											
15	0,68	1962,5	0,35											
16	0,75	1962,5	0,38											
17	1,25	1962,5	0,64											
18	0,63	1962,5	0,32											
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº L1				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias									
	DATA: 16/11/06				HORÁRIO: 14:00hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-DB-ACII														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,69	1962,5	0,86	1,12	0,44	39,18								
2	0,77	1962,5	0,39											
3	2,27	1962,5	1,16											
4	-----	1962,5	0,00											x
5	1,89	1962,5	0,96											
6	1,91	1962,5	0,97											
7	3,16	1962,5	1,61											
8	3,56	1962,5	1,81								100			
9	-----	1962,5	0,00											x
10	2,62	1962,5	1,34									100		
11	2,71	1962,5	1,38									100		
12	2,60	1962,5	1,32									100		
13	2,45	1962,5	1,25									100		
14	2,56	1962,5	1,30									100		
15	2,89	1962,5	1,47									100		
16	1,61	1962,5	0,82									100		
17	0,32	1962,5	0,16									20		
18	-----	1962,5	0,00											x
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº C*				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias									
	DATA: 16/11/06				HORÁRIO: 15:00hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-DB-ACII														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,03	1962,5	0,52	0,58	0,17	28,95			70					
2	-----	1962,5	0,00											x
3	0,83	1962,5	0,42									100		
4	-----	1962,5	0,00											x
5	1,05	1962,5	0,54										60*	
6	1,35	1962,5	0,69									70	30*	
7	0,91	1962,5	0,46							2	20	78		
8	0,96	1962,5	0,49							30		70		
9	0,63	1962,5	0,32								90	10		
10	-----	1962,5	0,00											x
11	1,39	1962,5	0,71										100	
12	1,45	1962,5	0,74										100	
13	1,31	1962,5	0,67										100	
14	-----	1962,5	0,00											x
15	1,19	1962,5	0,61										100	
16	1,86	1962,5	0,95									20	10	
17	0,72	1962,5	0,37									80	20	
19	1,13	1962,5	0,58							5	90	5		
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº R						NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias							
	DATA: 17/11/06				HORÁRIO: 10:00hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-DB-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	1,66	1962,5	0,85	0,62	0,25	40,97	100						
2	1,51	1962,5	0,77				90	10					
3	-----	1962,5	0,00										x
4	1,57	1962,5	0,80										
5	1,17	1962,5	0,60							5	47	48	
6	1,96	1962,5	1,00							40		60	
7	0,24	1962,5	0,12								60	40	
8	-----	descolou sozinho	0,00								25	50	25
9	1,20	1962,5	0,61										
10	-----	1962,5	0,00								100		
11	-----	1962,5	0,00										x
12	0,53	1962,5	0,27										
13	1,69	1962,5	0,86							100			
14	1,45	1962,5	0,74							90	10		
15	0,61	1962,5	0,31							60	40		
16	1,37	1962,5	0,70								50	50	
17	0,99	1962,5	0,50								90	10	
18	0,95	1962,5	0,48								100		
								95	5				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° R2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias								
	DATA: 17/11/06				HORÁRIO: 10:40hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-DB-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	0,75	1962,5	0,38	0,52	0,28	54,01	100						
2	1,71	1962,5	0,87							80	20		
3	1,29	1962,5	0,66							40	35	25	
4	1,42	1962,5	0,72								80	20	
5	0,22	1962,5	0,11									10	90
6	0,59	1962,5	0,30								100		
7	1,20	1962,5	0,61								100		
8	-----	1962,5	0,00										
9	0,44	1962,5	0,22										
10	1,69	1962,5	0,86										
11	1,95	1962,5	0,99										
12	1,50	1962,5	0,76								80	20	
13	0,27	1962,5	0,14								5	95	
14	1,20	1962,5	0,61								100		
15	1,19	1962,5	0,61								100		
16	0,84	1962,5	0,43								100		
17	0,74	1962,5	0,38								10		90
18	0,27	1962,5	0,14								100		
								100					
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° L2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias								
	DATA: 17/11/06				HORÁRIO: 16:00hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-DB-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	3,47	1962,5	1,77	1,27	0,58	45,80			100				
2	1,14	1962,5	0,58						50	50			
3	3,23	1962,5	1,65						100				
4	4,07	1962,5	2,07						100				
5	1,84	1962,5	0,94						50	50			
6	3,37	1962,5	1,72						100				
7	1,59	1962,5	0,81						90	10			
8	3,77	1962,5	1,92						100				
9	1,88	1962,5	0,96						80	10			
10	2,65	1962,5	1,35						100				
11	0,45	1962,5	0,23						10	90			
12	4,02	1962,5	2,05						100				
13	2,84	1962,5	1,45						100				
14	1,37	1962,5	0,70						70	30			
15	-----	1962,5	0,00										x
16	-----	1962,5	0,00										x
17	1,75	1962,5	0,89							80	20		
18	-----	1962,5	0,00										x
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº C2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias								
	DATA: 17/11/06				HORÁRIO: 16:30hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-SC-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	1,51	1962,5	0,77	0,63	0,20	31,94		100					
2	1,43	1962,5	0,73						5	95			
3	1,53	1962,5	0,78						100				
4	1,62	1962,5	0,83							100			
5	1,42	1962,5	0,72						40	60			
6	2,09	1962,5	1,06							100			
7	1,24	1962,5	0,63							100			
8	-----	1962,5	0,00										x
9	0,72	1962,5	0,37								20	80*	
10	0,94	1962,5	0,48							90	10		
11	-----	1962,5	0,00										x
12	1,68	1962,5	0,86								40	60	
13	0,87	1962,5	0,44							95	5		
14	0,98	1962,5	0,50							90	10		
15	1,16	1962,5	0,59								100		
16	1,17	1962,5	0,60								90	5	5
17	0,62	1962,5	0,32								100		
18	0,90	1962,5	0,46								100		
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº S1				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias								
	DATA: 23/11/06				HORÁRIO: 17:30hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-SC-ACCG															
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s															
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)								
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)			
1	1,28	1962,5	0,65	0,60	0,15	25,59		100							
2	2,09	1962,5	1,06							90					
3	1,03	1962,5	0,52							5	95				
4	1,16	1962,5	0,59								100				
5	1,15	1962,5	0,59								100				
6	1,27	1962,5	0,65							5	95				
7	0,99	1962,5	0,50								50	50*			
8	1,05	1962,5	0,54								100				
9	1,06	1962,5	0,54								100				
10	0,79	1962,5	0,40							5	95				
11	1,22	1962,5	0,62								55	45*			
12	0,81	1962,5	0,41								100				
13	1,38	1962,5	0,70								100				
14	1,38	1962,5	0,70								50	50			
15	1,53	1962,5	0,78								60	40			
16	0,98	1962,5	0,50								100				
17	0,89	1962,5	0,45								50	50			
18	1,22	1962,5	0,62								50	50			
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº S2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias										
	DATA: 23/11/06				HORÁRIO: 18:15hs			CLIMA: Sol/Quente							

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-SC-ACCG															
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s															
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)								
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)			
1	1,95	1962,5	0,99	0,85	0,65	76,02		90	10						
2	-----	1962,5	0,00												x
3	0,18	1962,5	0,09									100			
4	1,89	1962,5	0,96								90	10			
5	0,53	1962,5	0,27									100*	60		
6	-----	1962,5	0,00												x
7	0,12	1962,5	0,06								100				
8	0,32	1962,5	0,16								100				
9	0,11	1962,5	0,06								100				
10	3,69	1962,5	1,88								100				
11	2,96	1962,5	1,51								100				
12	3,03	1962,5	1,54								80	20			
13	2,11	1962,5	1,08								100*		5		
14	1,90	1962,5	0,97								100*		40		
15	2,13	1962,5	1,09								60	40			
16	2,19	1962,5	1,12								70	30			
17	0,14	1962,5	0,07								100				
18	3,45	1962,5	1,76								100				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº S3				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias										
	DATA: 23/11/06				HORÁRIO: 18:50hs			CLIMA: Sol/Quente							

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	2,02	1962,5	1,03	1,18	0,19	15,87	100							
2	1,52	1962,5	0,77									50	50	
3	2,11	1962,5	1,08							70		15	15	
4	2,18	1962,5	1,11							100				
5	2,18	1962,5	1,11							100				
6	2,30	1962,5	1,17									80	20	
7	2,28	1962,5	1,16							100				
8	1,86	1962,5	0,95							100				
9	2,43	1962,5	1,24							100				
10	2,32	1962,5	1,18							70		10	20	
11	2,59	1962,5	1,32							100				
12	2,73	1962,5	1,39							100				
13	2,89	1962,5	1,47							100				
14	2,47	1962,5	1,26							100				
15	2,07	1962,5	1,05							100				
16	2,39	1962,5	1,22							80		20		
17	3,06	1962,5	1,56							100				
18	2,12	1962,5	1,08							100				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº X				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias									
	DATA: 30/01/07				HORÁRIO: 15:15hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,40	1962,5	0,71	1,12	0,39	34,51	100							
2	1,94	1962,5	0,99							100				
3	2,15	1962,5	1,10							100				
4	2,70	1962,5	1,38							100				
5	1,95	1962,5	0,99							100				
6	2,25	1962,5	1,15							100				
7	2,72	1962,5	1,39							100				
8	1,75	1962,5	0,89									50	50	
9	0,35	1962,5	0,18									60	40	
10	2,50	1962,5	1,27							100				
11	1,36	1962,5	0,69							100				
12	1,75	1962,5	0,89							50		50		
13	2,97	1962,5	1,51							100				
14	2,55	1962,5	1,30							100				
15	3,68	1962,5	1,88							100				
16	2,38	1962,5	1,21							100				
17	3,15	1962,5	1,61							100				
18	2,03	1962,5	1,03							100				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº Y				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias									
	DATA: 30/01/07				HORÁRIO: 16:00hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,95	1962,5	0,99	0,97	0,20	21,04	100							
2	1,29	1962,5	0,66								50	50		
3	1,57	1962,5	0,80							100				
4	1,81	1962,5	0,92							100				
5	1,03	1962,5	0,52							100				
6	2,58	1962,5	1,31							100				
7	2,53	1962,5	1,29							100				
8	1,74	1962,5	0,89									80	20	
9	1,40	1962,5	0,71							100				
10	1,80	1962,5	0,92							100				
11	2,27	1962,5	1,16							100				
12	2,14	1962,5	1,09							100				
13	2,08	1962,5	1,06							100				
14	2,05	1962,5	1,04							100				
15	2,01	1962,5	1,02							100				
16	1,85	1962,5	0,94							100				
17	1,92	1962,5	0,98							30		50	20	
18	2,12	1962,5	1,08							100				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° Z				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 1º Arrancamento/28 dias									
	DATA: 30/01/07				HORÁRIO: 16:30hs			CLIMA: Sol/Quente						

**Tabela 36 - Resistência de Aderência à Tração dos Revestimentos Cerâmicos com Idade de 98 dias**

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-DB-ACII														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	-----	1962,5	0,00	0,54	0,34	63,89						x		
2	1,25	1962,5	0,64					100						
3	1,33	1962,5	0,68					100						
4	0,67	1962,5	0,34							30	70			
5	1,31	1962,5	0,67							80	10	10		
6	0,51	1962,5	0,26							35	10	55		
7	1,22	1962,5	0,62							90	10			
8	0,57	1962,5	0,29							35	10	55		
9	0,78	1962,5	0,40							90		10		
10	1,40	1962,5	0,71							30	40	30		
11	0,17	1962,5	0,09								30	70		
12	-----	1962,5	0,00											x
13	0,68	1962,5	0,35							40	10	50		
14	0,29	1962,5	0,15							10	25	65		
15	-----	1962,5	0,00											x
16	1,65	1962,5	0,84								100			
17	2,91	1962,5	1,48							80	20			
18	1,12	1962,5	0,57								80	5	15	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº L2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias									
	DATA: 26/01/07				HORÁRIO: 11:25hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-DB-ACII													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	-----	1962,5	0,00	1,16	0,66	57,14					x		
2	2,80	1962,5	1,43								70	30	
3	2,21	1962,5	1,13								80	20	
4	2,38	1962,5	1,21								80	20	
5	3,85	1962,5	1,96								90	10	
6	1,97	1962,5	1,00								40	60	
7	2,25	1962,5	1,15								80	20	
8	2,32	1962,5	1,18								90	10	
9	1,16	1962,5	0,59								50	50	
10	4,03	1962,5	2,05								100		
11	2,22	1962,5	1,13								60	40	
12	0,34	1962,5	0,17								40	60	
13	0,80	1962,5	0,41								40	60	
14	1,37	1962,5	0,70								40	60	
15	4,67	1962,5	2,38								100		
16	0,39	1962,5	0,20								30	20	50
17	1,77	1962,5	0,90									80	20
18	4,17	1962,5	2,12									100	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° F				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias								
	DATA: 26/01/07				HORÁRIO: 15:25hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-DB-ACII													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	0,93	1962,5	0,47	0,62	0,41	66,17			50	50			
2	0,75	1962,5	0,38						40	40	20		
3	0,09	1962,5	0,05								30	70	
4	-----	1962,5	0,00										x
5	-----	1962,5	0,00										x
6	1,88	1962,5	0,96							80			20
7	0,87	1962,5	0,44									50	50
8	0,46	1962,5	0,23								30	15	55
9	1,77	1962,5	0,90								90	10	
10	0,14	1962,5	0,07									50	50
11	1,16	1962,5	0,59								60	40	
12	0,52	1962,5	0,26							10	60		30
13	2,60	1962,5	1,32								40	50	10
14	1,34	1962,5	0,68								50	40	10
15	0,71	1962,5	0,36								30	40	30
16	2,38	1962,5	1,21								30	60	10
17	2,42	1962,5	1,23								70	30	
18	1,40	1962,5	0,71								20	50	30
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° R..				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias								
	DATA: 26/01/07				HORÁRIO: 09:50hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-DB-ACCG												
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s												
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)					
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	1,37	1962,5	0,70	0,77	0,25	32,99			50	50		
2	1,87	1962,5	0,95					40	40	20		
3	1,50	1962,5	0,76					10	70		20	
4	1,89	1962,5	0,96					30	20	30	20	
5	1,70	1962,5	0,87					30	70			
6	0,45	1962,5	0,23						10	10	80	
7	2,05	1962,5	1,04					80	10	10		
8	1,87	1962,5	0,95					90		10		
9	0,90	1962,5	0,46						25	50	25	
10	1,86	1962,5	0,95					80	20			
11	0,90	1962,5	0,46							40	60	
12	1,85	1962,5	0,94					50	30	10	10	
13	-----	1962,5	0,00									x
14	0,65	1962,5	0,33							40	60	
15	1,54	1962,5	0,78							70	30	
16	2,10	1962,5	1,07									
17	1,51	1962,5	0,77						100			
18	1,71	1962,5	0,87						70	30		
						100						
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº R3				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias							
	DATA: 26/01/07				HORÁRIO: 10:40hs			CLIMA: Sol/Quente				

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-DB-ACCG												
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s												
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)					
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	2,14	1962,5	1,09	0,92	0,23	25,42	100					
2	2,37	1962,5	1,21					70	30			
3	2,05	1962,5	1,04					100				
4	1,49	1962,5	0,76					100				
5	1,83	1962,5	0,93					40	40		20	
6	1,34	1962,5	0,68						50		50	
7	1,49	1962,5	0,76					10	20	30	40	
8	1,61	1962,5	0,82					90		10		
9	1,99	1962,5	1,01					60	30	10		
10	1,51	1962,5	0,77					100				
11	2,62	1962,5	1,34					30	70			
12	1,54	1962,5	0,78					100				
13	1,97	1962,5	1,00					100				
14	2,04	1962,5	1,04							60		40
15	2,52	1962,5	1,28					20	80			
16	1,49	1962,5	0,76					70	30			
17	0,76	1962,5	0,39							70	30	
18	1,77	1962,5	0,90									
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº H				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias							
	DATA: 26/01/07				HORÁRIO: 14:45hs			CLIMA: Sol/Quente				

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-DB-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	2,86	1962,5	1,46	1,35	0,70	51,45	20	80					
2	-----	1962,5	0,00										x
3	2,54	1962,5	1,29							30	70		
4	0,63	1962,5	0,32								30	70	
5	-----	1962,5	0,00										x
6	1,58	1962,5	0,81								40	60	
7	3,06	1962,5	1,56							20	80		
8	-----	1962,5	0,00										x
9	2,42	1962,5	1,23								90	10	
10	3,41	1962,5	1,74								100		
11	2,09	1962,5	1,06							40	40	20	
12	2,25	1962,5	1,15							20	20	60	
13	1,66	1962,5	0,85								70	30	
14	0,81	1962,5	0,41								50	50	
15	5,21	1962,5	2,65								100		
16	-----	1962,5	0,00										x
17	5,08	1962,5	2,59							10	90		
18	3,59	1962,5	1,83							20	80		
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° K				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias								
	DATA: 26/01/07				HORÁRIO: 16:00hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-SC-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	1,27	1962,5	0,65	0,58	0,21	36,62		90	10				
2	0,48	1962,5	0,24								50	50	
3	1,24	1962,5	0,63								50	50	
4	1,60	1962,5	0,82								50	50	
5	0,65	1962,5	0,33								40	60	
6	0,93	1962,5	0,47								80	20	
7	1,04	1962,5	0,53								40	60	
8	1,45	1962,5	0,74							60	40		
9	1,79	1962,5	0,91								80	20	
10	1,27	1962,5	0,65								100		
11	1,30	1962,5	0,66								70	30	
12	0,24	1962,5	0,12								30	70	
13	-----	1962,5	0,00										x
14	-----	1962,5	0,00										x
15	1,07	1962,5	0,55								50	50	
16	1,55	1962,5	0,79							100			
17	1,33	1962,5	0,68								100		
18	0,94	1962,5	0,48								90	10	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° N				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias								
	DATA: 02/02/07				HORÁRIO: 16:00hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-SC-ACCG															
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s															
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)								
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)			
1	0,95	1962,5	0,48	0,60	0,26	43,68			100						
2	1,05	1962,5	0,54						100						
3	0,84	1962,5	0,43						50	50					
4	1,59	1962,5	0,81						80	20					
5	0,61	1962,5	0,31								40	60			
6	1,43	1962,5	0,73							60	40				
7	1,37	1962,5	0,70						70	30					
8	0,25	1962,5	0,13								10	90			
9	1,87	1962,5	0,95							100					
10	0,46	1962,5	0,23								40	60			
11	1,27	1962,5	0,65							100					
12	1,46	1962,5	0,74						10	90					
13	1,33	1962,5	0,68								70	30			
14	-----	1962,5	0,00												x
15	1,56	1962,5	0,79								60	40			
16	1,56	1962,5	0,79							20	80				
17	0,48	1962,5	0,24									50	50		
18	2,05	1962,5	1,04							80	20				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº O				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias										
	DATA: 02/02/07				HORÁRIO: 14:45hs			CLIMA: Sol/Quente							

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-SC-ACCG															
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s															
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)								
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)			
1	1,82	1962,5	0,93	1,17	0,39	33,37		100							
2	1,59	1962,5	0,81								50	50			
3	1,77	1962,5	0,90						10	90					
4	3,88	1962,5	1,98								80	20			
5	2,06	1962,5	1,05							100					
6	2,34	1962,5	1,19							100					
7	2,17	1962,5	1,11							100					
8	2,51	1962,5	1,28									60	40		
9	1,41	1962,5	0,72									80	20		
10	2,43	1962,5	1,24						10	90					
11	1,82	1962,5	0,93						20	80					
12	1,63	1962,5	0,83									50	50		
13	3,09	1962,5	1,57									90	10		
14	3,69	1962,5	1,88								50	30	20		
15	3,07	1962,5	1,56									100			
16	1,27	1962,5	0,65									50	50		
17	-----	1962,5	0,00												x
18	2,36	1962,5	1,20									100			
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº P				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias										
	DATA: 02/02/07				HORÁRIO: 15:25hs			CLIMA: Sol/Quente							

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	2,65	1962,5	1,35	1,27	0,14	10,93			80	20				
2	2,85	1962,5	1,45						100					
3	2,30	1962,5	1,17						100					
4	2,46	1962,5	1,25						100					
5	2,36	1962,5	1,20								80	20		
6	1,91	1962,5	0,97								80	20		
7	2,40	1962,5	1,22						100					
8	2,59	1962,5	1,32											x
9	2,33	1962,5	1,19						100					
10	2,74	1962,5	1,40						100					
11	3,10	1962,5	1,58								80	20		
12	2,69	1962,5	1,37						100					
13	2,16	1962,5	1,10						20		40	40		
14	2,27	1962,5	1,16						20		40	40		
15	2,41	1962,5	1,23						90			10		
16	2,60	1962,5	1,32						100					
17	2,49	1962,5	1,27						80		10	10		
18	2,38	1962,5	1,21						100					
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº X2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias									
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 16:45hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	3,14	1962,5	1,60	1,18	0,38	32,52	100							
2	2,67	1962,5	1,36								90	10		
3	2,22	1962,5	1,13						70			30		
4	0,77	1962,5	0,39								20	80		
5	2,92	1962,5	1,49						100					
6	-----	1962,5	0,00											x
7	2,42	1962,5	1,23						100					
8	2,75	1962,5	1,40						100					
9	2,80	1962,5	1,43						100					
10	2,74	1962,5	1,40						100					
11	2,38	1962,5	1,21						100					
12	3,08	1962,5	1,57						100					
13	2,29	1962,5	1,17						100					
14	1,30	1962,5	0,66								40	60		
15	0,76	1962,5	0,39								50	50		
16	3,08	1962,5	1,57						100					
17	1,76	1962,5	0,90						100					
18	2,39	1962,5	1,22						100					
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº Y2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias									
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 17:20hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	2,90	1962,5	1,48	0,97	0,33	34,20	100							
2	2,63	1962,5	1,34				100							
3	2,54	1962,5	1,29				100							
4	1,30	1962,5	0,66				100							
5	2,26	1962,5	1,15				100							
6	1,45	1962,5	0,74								60	40		
7	1,11	1962,5	0,57								70	30		
8	2,13	1962,5	1,09								100			
9	0,75	1962,5	0,38									40	60	
10	2,39	1962,5	1,22								100			
11	2,27	1962,5	1,16								100			
12	2,13	1962,5	1,09								100			
13	2,16	1962,5	1,10								100			
14	1,71	1962,5	0,87								100			
15	2,41	1962,5	1,23								100			
16	1,06	1962,5	0,54									70	30	
17	0,90	1962,5	0,46								20	30	50	
18	2,17	1962,5	1,11								100			
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº Z2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 2º Arrancamento/98 dias									
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 17:45hs			CLIMA: Sol/Quente						

**Tabela 37** - Resistência de Aderência à Tração dos Revestimentos Cerâmicos com Idade de 196 dias

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-DB-ACII													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	0,39	1962,5	0,20	0,42	0,25	60,66		30		70			
2	0,39	1962,5	0,20					20		80			
3	0,83	1962,5	0,42					50		50			
4	1,13	1962,5	0,58					20	30	50			
5	1,79	1962,5	0,91					80		20			
6	----	1962,5	0,00										x
7	1,37	1962,5	0,70					60	40				
8	0,93	1962,5	0,47					30	20	50			
9	0,70	1962,5	0,36					70	15	15			
10	0,27	1962,5	0,14							10	90		
11	0,74	1962,5	0,38							20	80		
12	0,24	1962,5	0,12							10	90		
13	0,25	1962,5	0,13							20	80		
14	1,71	1962,5	0,87							95	5		
15	----	1962,5	0,00										x
16	0,81	1962,5	0,41							80	20		
17	----	1962,5	0,00										x
18	0,81	1962,5	0,41							40		60	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº L3				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias								
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 16:10hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-DB-ACII															
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s															
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)								
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)			
1	3,03	1962,5	1,54	1,42	0,77	54,48		90		10					
2	----	1962,5	0,00												x
3	0,38	1962,5	0,19									10	90		
4	1,53	1962,5	0,78									80	20		
5	2,04	1962,5	1,04									70	30		
6	2,67	1962,5	1,36									70	30		
7	5,13	1962,5	2,61							100					
8	5,86	1962,5	2,99									100			
9	3,82	1962,5	1,95									95	5		
10	1,60	1962,5	0,82									30	70		
11	3,03	1962,5	1,54									80	20		
12	0,94	1962,5	0,48									30	70		
13	1,97	1962,5	1,00									80	20		
14	2,07	1962,5	1,05									40	60		
15	1,88	1962,5	0,96									70	30		
16	2,37	1962,5	1,21									80	20		
17	4,40	1962,5	2,24									100			
18	4,52	1962,5	2,30									90	10		
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° F2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias										
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 18:10hs			CLIMA: Sol/Quente							

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-DB-ACII														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,51	1962,5	0,77	0,65	0,28	43,07	100							
2	1,54	1962,5	0,78							50	30	20		
3	1,40	1962,5	0,71							50	30	20		
4	0,73	1962,5	0,37							50		50		
5	0,64	1962,5	0,33							50		50		
6	1,10	1962,5	0,56							10	40		50	
7	2,02	1962,5	1,03							10	60	30		
8	1,60	1962,5	0,82							60	40			
9	1,84	1962,5	0,94							70	30			
10	0,99	1962,5	0,50								50		50	
11	1,19	1962,5	0,61								60		40	
12	0,30	1962,5	0,15								30		70	
13	1,50	1962,5	0,76								80		20	
14	0,95	1962,5	0,48									30	70	
15	2,32	1962,5	1,18							30	70			
16	1,69	1962,5	0,86							20	60		20	
17	0,51	1962,5	0,26							30		70		
18	----	1962,5	0,00											
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° RA				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias									
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 15:20hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-DB-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	2,34	1962,5	1,19	0,84	0,33	38,76	80	20					
2	1,35	1962,5	0,69				20		40	40			
3	1,53	1962,5	0,78				100						
4	2,23	1962,5	1,14						60	20	20		
5	1,74	1962,5	0,89						90		10		
6	1,56	1962,5	0,79						90		10		
7	1,90	1962,5	0,97						90		10		
8	1,83	1962,5	0,93						80		10	10	
9	3,41	1962,5	1,74						60		40		
10	1,60	1962,5	0,82						90		10		
11	1,39	1962,5	0,71							30	10	60	
12	0,52	1962,5	0,26								10	90	
13	0,70	1962,5	0,36							30		20	50
14	1,55	1962,5	0,79							100			
15	1,28	1962,5	0,65							100			
16	1,60	1962,5	0,82							90		10	
17	2,06	1962,5	1,05							80		10	10
18	1,13	1962,5	0,58									40	60
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº R4				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias								
	DATA: 11/04/07				HORÁRIO: 14:15hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-DB-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	1,47	1962,5	0,75	0,78	0,24	30,24	40	60					
2	2,32	1962,5	1,18				60	40					
3	1,96	1962,5	1,00				100						
4	1,12	1962,5	0,57								30	70	
5	1,42	1962,5	0,72								60	40	
6	0,50	1962,5	0,25								30	70	
7	1,59	1962,5	0,81							100			
8	1,54	1962,5	0,78							100			
9	1,15	1962,5	0,59							100			
10	1,92	1962,5	0,98							100			
11	0,72	1962,5	0,37									10	90
12	1,63	1962,5	0,83							100			
13	1,75	1962,5	0,89							70		30	
14	1,27	1962,5	0,65									40	60
15	2,05	1962,5	1,04							40		30	30
16	1,46	1962,5	0,74									70	30
17	1,80	1962,5	0,92									80	20
18	1,95	1962,5	0,99								90	10	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº H1				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias								
	DATA: 13/04/07				HORÁRIO: 14:15hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-DB-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	4,18	1962,5	2,13	1,89	0,95	50,44			100					
2	5,69	1962,5	2,90				100							
3	3,61	1962,5	1,84								80	20		
4	4,17	1962,5	2,12							20	80			
5	2,40	1962,5	1,22								80	20		
6	2,42	1962,5	1,23								40	60		
7	2,20	1962,5	1,12								60	40		
8	1,85	1962,5	0,94								20	80		
9	6,07	1962,5	3,09								100			
10	0,10	1962,5	0,05								5	95		
11	5,68	1962,5	2,89								100			
12	2,81	1962,5	1,43								40	60		
13	1,32	1962,5	0,67									30	70	
14	4,14	1962,5	2,11									70	30	
15	1,20	1962,5	0,61									30	70	
16	5,67	1962,5	2,89							100				
17	1,96	1962,5	1,00									10	90	
18	5,75	1962,5	2,93									100		
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº K2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias									
	DATA: 13/04/07				HORÁRIO: 16:40hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BR-SC-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	1,77	1962,5	0,90	0,66	0,32	48,19	100							
2	1,92	1962,5	0,98				50		30	20				
3	1,92	1962,5	0,98				100							
4	1,28	1962,5	0,65				100							
5	2,07	1962,5	1,05								80	20		
6	1,48	1962,5	0,75									70	30	
7	1,51	1962,5	0,77							100				
8	1,43	1962,5	0,73							100				
9	1,31	1962,5	0,67									60	40	
10	0,34	1962,5	0,17									20	80	
11	1,44	1962,5	0,73							100				
12	1,60	1962,5	0,82							100				
13	0,64	1962,5	0,33									20	80	
14	1,48	1962,5	0,75							100				
15	0,49	1962,5	0,25									20	80	
16	0,36	1962,5	0,18									10	90	
17	2,03	1962,5	1,03									90	10	
18	0,15	1962,5	0,08									10	90	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº N2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias									
	DATA: 13/04/07				HORÁRIO: 15:13hs			CLIMA: Sol/Quente						

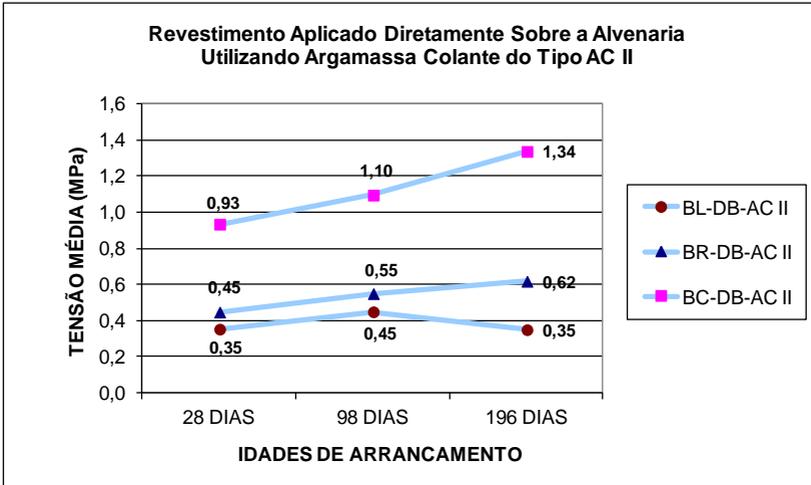
TIPO DE REVESTIMENTO: BL-SC-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	1,72	1962,5	0,88	0,79	0,35	43,82	100						
2	1,60	1962,5	0,82				100						
3	1,75	1962,5	0,89				100						
4	2,11	1962,5	1,08				100						
5	0,38	1962,5	0,19								10	90	
6	-----	1962,5	0,00										x
7	1,71	1962,5	0,87				100						
8	0,48	1962,5	0,24								10	90	
9	2,29	1962,5	1,17				100						
10	1,79	1962,5	0,91				100					30	
11	1,67	1962,5	0,85				100						
12	2,21	1962,5	1,13				100						
13	0,52	1962,5	0,26								10	90	
14	1,77	1962,5	0,90				100						
15	1,49	1962,5	0,76				100						
16	2,16	1962,5	1,10				100						
17	0,41	1962,5	0,21								10	90	
18	2,36	1962,5	1,20				100						
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° O2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias								
	DATA: 13/04/07				HORÁRIO: 15:43hs			CLIMA: Sol/Quente					

TIPO DE REVESTIMENTO: BC-SC-ACCG													
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s													
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)						
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
1	4,62	1962,5	2,35	1,29	0,93	72,28	100						
2	0,44	1962,5	0,22								10	90	
3	1,22	1962,5	0,62								30	70	
4	4,00	1962,5	2,04				100						
5	0,20	1962,5	0,10								10	90	
6	0,63	1962,5	0,32								20	80	
7	4,85	1962,5	2,47				100						
8	1,18	1962,5	0,60								30	70	
9	5,33	1962,5	2,72								100		
10	3,34	1962,5	1,70								70	30	
11	2,04	1962,5	1,04								20	80	
12	3,20	1962,5	1,63								80	20	
13	2,80	1962,5	1,43								70	30	
14	0,63	1962,5	0,32								20	80	
15	1,42	1962,5	0,72								30	70	
16	5,52	1962,5	2,81				100						
17	3,72	1962,5	1,90								90	10	
18	0,55	1962,5	0,28								10	90	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: N° P2				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias								
	DATA: 13/04/07				HORÁRIO: 16:05hs			CLIMA: Sol/Quente					

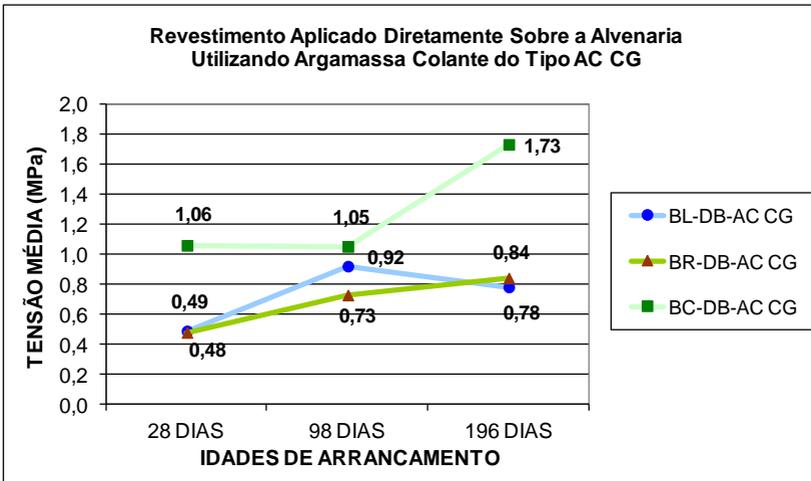
TIPO DE REVESTIMENTO: BR-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	3,06	1962,5	1,56	1,12	0,36	32,16	100							
2	1,40	1962,5	0,71									50	50	
3	1,41	1962,5	0,72									50	50	
4	1,73	1962,5	0,88							100				
5	2,02	1962,5	1,03							100				
6	3,46	1962,5	1,76							100				
7	1,24	1962,5	0,63									50	50	
8	1,26	1962,5	0,64									50	50	
9	1,50	1962,5	0,76									50	50	
10	1,97	1962,5	1,00									50	50	
11	2,06	1962,5	1,05									70	30	
12	2,41	1962,5	1,23							100				
13	2,85	1962,5	1,45							100				
14	1,95	1962,5	0,99									50	50	
15	3,12	1962,5	1,59							100				
16	2,64	1962,5	1,35							100				
17	2,75	1962,5	1,40									80	20	
18	2,89	1962,5	1,47							60		40		
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº X3				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias									
	DATA: 29/06/07				HORÁRIO: 14:30hs			CLIMA: Sol/Quente						

TIPO DE REVESTIMENTO: BL-E-ACCG														
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s														
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)							
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
1	2,12	1962,5	1,08	1,20	0,35	29,07			70	30				
2	2,61	1962,5	1,33									70	30	
3	3,15	1962,5	1,61							100				
4	2,35	1962,5	1,20							100				
5	2,01	1962,5	1,02									80	20	
6	2,35	1962,5	1,20									80	20	
7	3,01	1962,5	1,53							100				
8	3,37	1962,5	1,72							100				
9	0,97	1962,5	0,49									50	50	
10	2,57	1962,5	1,31									50	50	
11	2,30	1962,5	1,17									80	20	
12	1,50	1962,5	0,76									40	20	20
13	2,44	1962,5	1,24									20	50	50
14	2,44	1962,5	1,24									50	50	
15	0,92	1962,5	0,47									30	70	
16	3,21	1962,5	1,64							100				
17	2,36	1962,5	1,20							100				
18	2,73	1962,5	1,39									90	10	
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº Y3				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias									
	DATA: 29/06/07				HORÁRIO: 15:00hs			CLIMA: Sol/Quente						

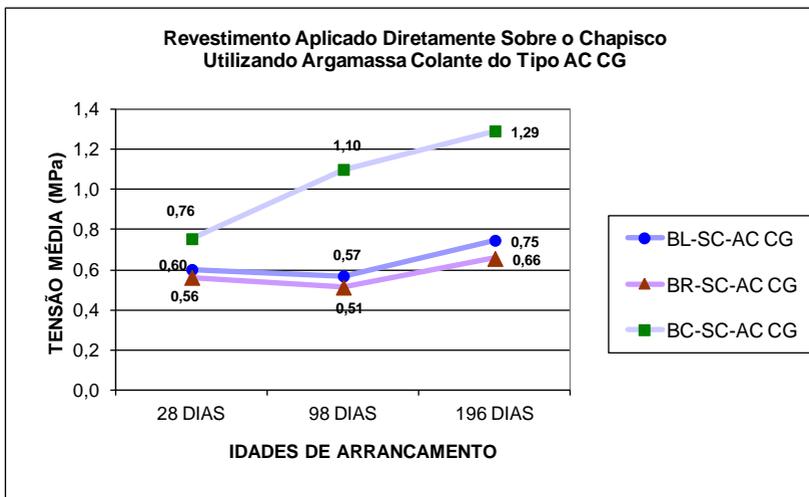
TIPO DE REVESTIMENTO: BC-E-ACCG																	
Velocidade de carga = (250 ± 50) N/s																	
Corpo-de-prova	Carga (kN)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Forma de ruptura (%)										
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)					
1	2,86	1962,5	1,46	1,10	0,27	24,39	100										
2	----	1962,5	-----														x
3	2,14	1962,5	1,09							100							
4	2,19	1962,5	1,12							100							
5	2,22	1962,5	1,13									50	50				
6	2,94	1962,5	1,50							90		10					
7	1,94	1962,5	0,99									50	50				
8	2,14	1962,5	1,09							100							
9	2,41	1962,5	1,23							100							
10	1,95	1962,5	0,99							40		40	20				
11	2,42	1962,5	1,23							100							
12	2,94	1962,5	1,50							100							
13	2,50	1962,5	1,27							80	20						
14	1,66	1962,5	0,85							20	80						
15	1,02	1962,5	0,52									40	60				
16	2,36	1962,5	1,20							100							
17	1,88	1962,5	0,96									40	60				
18	1,29	1962,5	0,66									40	60				
OBSERVAÇÕES	CÓDIGO DA FOTO: Nº Z3				NÚMERO DO ENSAIO / IDADE: 3º Arrancamento/196 dias												
	DATA: 29/06/07				HORÁRIO: 15:45hs			CLIMA: Sol/Quente									



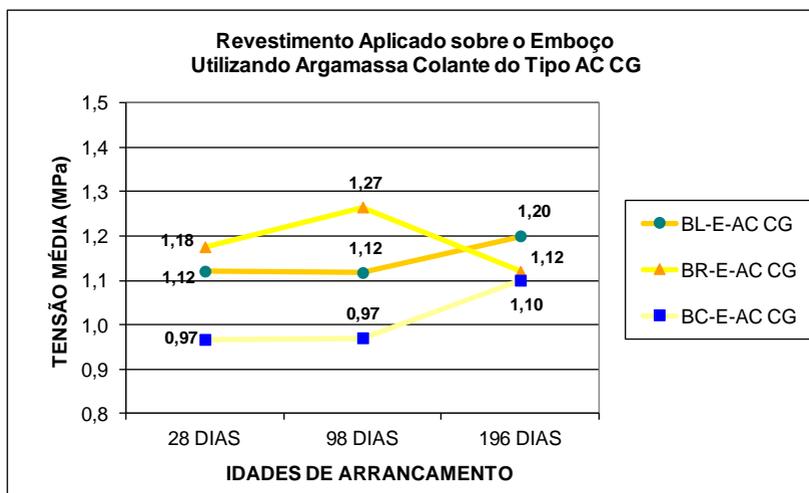
**Figura 1** - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre a Alvenaria – Utilizando Argamassa Colante do Tipo ACII



**Figura 2** - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre a Alvenaria – Utilizando Argamassa Colante do Tipo AC CG



**Figura 33** - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre o Chapisco – Utilizando Argamassa Colante do Tipo AC CG



**Figura 34** - Revestimento Cerâmico Aplicado Diretamente Sobre o Emboço – Utilizando Argamassa Colante do Tipo AC CG



## 11 APÊNDICE 03

### A- Variável resposta com transformação

Uma vez observada a não normalidade da distribuição dos resultados, o uso da transformação *Box-Cox* é recomendado. Esta técnica consiste em transformar os dados de acordo com a expressão a seguir:

$$y' = \frac{y^\lambda - 1}{\lambda} \quad (\text{Equação 2})$$

onde  $\lambda$  é um parâmetro a ser estimado dos dados. Se  $\lambda = 0$ , a equação acima se reduz a:

$$y' = \log(y) \quad (\text{Equação 3})$$

onde  $\log$  é o logaritmo neperiano.

Uma vez obtido o valor de  $\lambda$  encontra-se os valores dos dados transformados conforme a Equação acima e se utiliza estes dados transformados, mostrados na Tabela 38 para efetuar as análises.

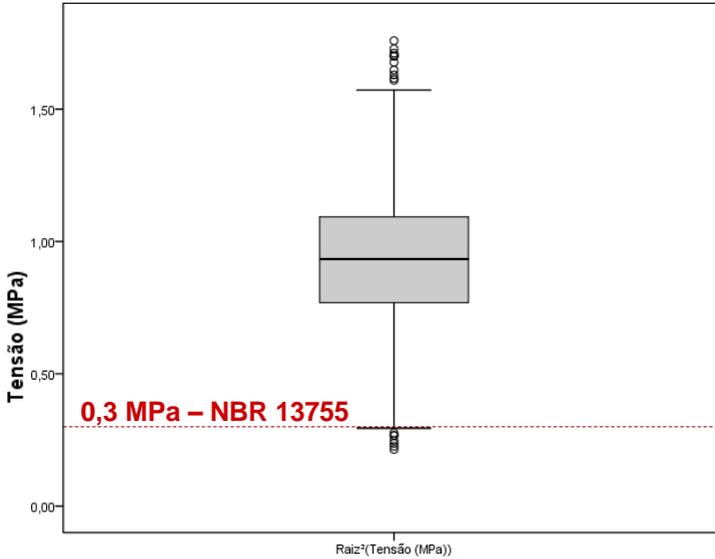
**Tabela 38** - Estatísticas descritivas da variável Tensão ANTES e APÓS a transformação

Transformação		Média	Desvio Padrão	Tamanho da amostra
Antes	Tensão	0,9264	0,52069	592
Após	Raiz <sup>2</sup> (Tensão)	0,9231	0,27281	592

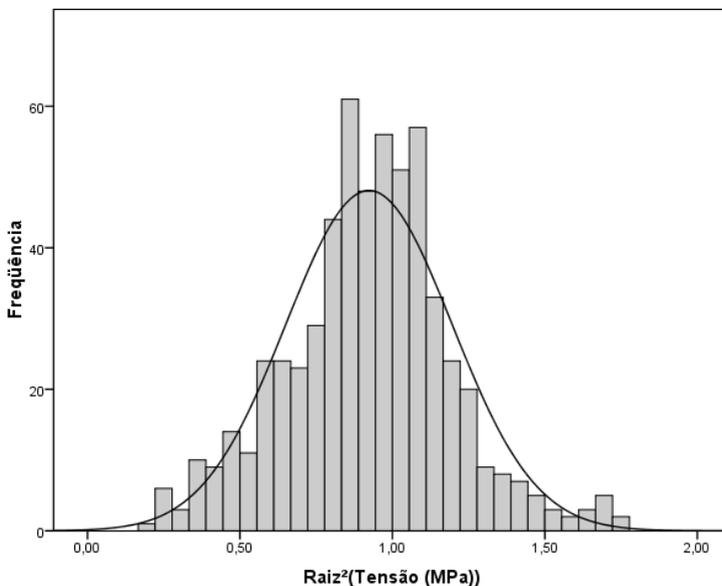
A função *Box-Cox* do software estatístico Minitab calcula a verossimilhança perfilhada do parâmetro  $\lambda$ . Deve-se, portanto, escolher o valor que maximiza esta função. Neste caso, o valor de  $\lambda$  que maximiza a função é 0,5. Dessa forma a melhor transformação seria elevar a variável resistência à tração à sua raiz quadrada, ou seja, tirar a raiz quadrada de cada valor medido da resistência.

A Figura 35 é o Box-plot da variável transformada, no qual percebe-se que após a transformação de *Box-Cox*, o problema da assimetria foi corrigido.

A correção da assimetria também pode ser vista claramente na Figura 36.



**Figura 35** - Box-Plot da variável TENSÃO TRANSFORMADA



**Figura 36** - Histograma da variável TENSÃO TRANSFORMADA

Apesar da correção de assimetria, o problema de desvio de normalidade não foi corrigido, já que tanto o teste Kolmogorov-Smirnov, quanto o Shapiro-Wilk, apresentaram valores de  $p$  inferiores a 1%, indicando rejeição da hipótese de normalidade.

Para o modelo GLM univariado que foi utilizado, foi dito que o mesmo é robusto à distribuição não normal, desde que os dados sejam simétricos.

Dessa forma, o próximo passo é focar em outra suposição do modelo que é homogeneidade de variância. O teste de Levene tem como hipótese nula a homocedasticidade<sup>1</sup>. O valor  $p$  encontrado para esse teste foi inferior a 0,001, indicando a violação dessa suposição.

Este modelo é também robusto a não homogeneidade de variância, desde que não aconteça do desvio-padrão de um grupo ser 9 vezes maior que a variância de outro grupo.

---

<sup>1</sup> distribuição de frequência de padrão regular

Através da Tabela 39 foi possível identificar se o modelo GLM univariado poderia ser aplicado para os dados em questão.

**Tabela 39** - Estatísticas descritivas da Raiz<sup>2</sup> (Tensão) por fator

Tipo de bloco	Tipo de substrato	Tipo de argamassa colante	Tempo											
			28			98			196			Total		
			Média (MPa)	Desvio-Padrão	N	Média (MPa)	Desvio-Padrão	N	Média (MPa)	Desvio-Padrão	N	Média (MPa)	Desvio-Padrão	N
BC	DB	AC CG	1,094	0,283	15	1,125	0,323	13	1,254	0,413	18	1,166	0,350	46
		ACII	1,032	0,246	15	1,028	0,333	17	1,144	0,337	17	1,069	0,309	49
		Total	1,063	0,262	30	1,070	0,326	30	1,201	0,376	35	1,116	0,331	95
	SC	AC CG	0,978	0,107	18	0,969	0,181	18	1,058	0,075	13	0,996	0,136	49
		Total	0,978	0,107	18	0,969	0,181	18	1,058	0,075	13	0,996	0,136	49
		AC CG	0,828	0,420	16	1,066	0,175	17	1,050	0,449	18	0,986	0,378	51
BL	DB	Total	0,828	0,420	16	1,066	0,175	17	1,050	0,449	18	0,986	0,378	51
		AC CG	0,964	0,307	49	1,046	0,230	48	1,127	0,378	49	1,046	0,316	146
		ACII	1,032	0,246	15	1,028	0,333	17	1,144	0,337	17	1,069	0,309	49
	SC	Total	0,980	0,293	64	1,041	0,258	65	1,131	0,365	66	1,052	0,314	195
		AC CG	0,689	0,212	17	0,952	0,127	18	0,873	0,147	18	0,841	0,196	53
		ACII	0,716	0,133	12	0,662	0,187	14	0,619	0,198	15	0,662	0,178	41
BL	DB	Total	0,701	0,181	29	0,825	0,212	32	0,757	0,212	33	0,763	0,207	94
		AC CG	1,039	0,209	18	1,070	0,203	17	1,082	0,175	18	1,064	0,193	53
		Total	1,039	0,209	18	1,070	0,203	17	1,082	0,175	18	1,064	0,193	53
	SC	AC CG	0,755	0,070	17	0,755	0,188	17	0,862	0,230	17	0,791	0,180	51
		Total	0,755	0,070	17	0,755	0,188	17	0,862	0,230	17	0,791	0,180	51
		AC CG	0,832	0,232	52	0,926	0,215	52	0,940	0,210	53	0,900	0,223	157
Total	ACII	0,716	0,133	12	0,662	0,187	14	0,619	0,198	15	0,662	0,178	41	
	Total	0,810	0,221	64	0,870	0,235	66	0,869	0,245	68	0,851	0,235	198	

continuação

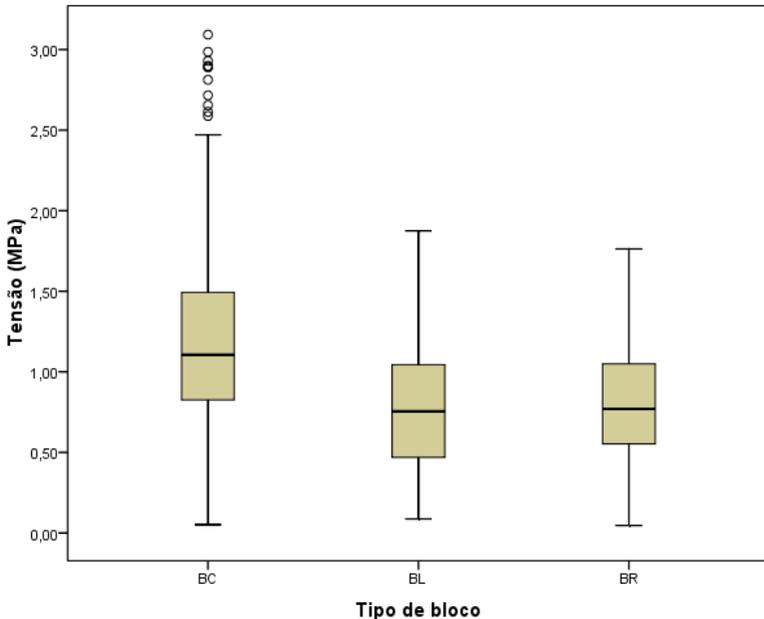
Tipo de bloco	Tipo de substrato	Tipo de argamassa colante	Tempo												Total	
			28			98			196			Total				
			Média (MPa)	Desvio-Padrão	N											
BR	DB	AC CG	0,764	0,182	14	0,864	0,164	17	0,876	0,150	17	0,839	0,168	48		
		ACII	0,751	0,109	14	0,737	0,285	16	0,788	0,188	17	0,760	0,206	47		
	Total	0,758	0,148	28	0,802	0,236	33	0,832	0,173	34	0,800	0,191	95			
	E	AC CG	1,081	0,087	18	1,123	0,061	18	1,047	0,172	18	1,084	0,119	54		
		Total	1,081	0,087	18	1,123	0,061	18	1,047	0,172	18	1,084	0,119	54		
	SC	AC CG	0,786	0,128	16	0,745	0,159	16	0,779	0,232	18	0,770	0,178	50		
		Total	0,786	0,128	16	0,745	0,159	16	0,779	0,232	18	0,770	0,178	50		
	Total	AC CG	0,890	0,199	48	0,918	0,208	51	0,901	0,217	53	0,903	0,207	152		
		ACII	0,751	0,109	14	0,737	0,285	16	0,788	0,188	17	0,760	0,206	47		
	Total	DB	Total	0,859	0,191	62	0,875	0,239	67	0,874	0,215	70	0,869	0,215	199	
AC CG			0,844	0,287	46	0,968	0,229	48	1,003	0,320	53	0,942	0,289	147		
ACII		0,844	0,226	41	0,820	0,317	47	0,860	0,331	49	0,841	0,297	137			
Total		0,844	0,258	87	0,894	0,285	95	0,934	0,332	102	0,893	0,296	284			
E		AC CG	1,032	0,148	54	1,054	0,170	53	1,063	0,152	49	1,049	0,156	156		
		Total	1,032	0,148	54	1,054	0,170	53	1,063	0,152	49	1,049	0,156	156		
SC		AC CG	0,789	0,251	49	0,858	0,229	50	0,897	0,337	53	0,849	0,279	152		
		Total	0,789	0,251	49	0,858	0,229	50	0,897	0,337	53	0,849	0,279	152		
Total		AC CG	0,894	0,254	149	0,961	0,224	151	0,986	0,291	155	0,948	0,261	455		
		ACII	0,844	0,226	41	0,820	0,317	47	0,860	0,331	49	0,841	0,297	137		
Total	Total	0,883	0,249	190	0,928	0,256	198	0,956	0,305	204	0,923	0,273	592			

A Tabela 39 mostra que não houve nenhum caso em que um desvio-padrão fosse superior a 9 vezes outro desvio-padrão. Assim sendo pode-se considerar que a violação da homocedasticidade não é grave.

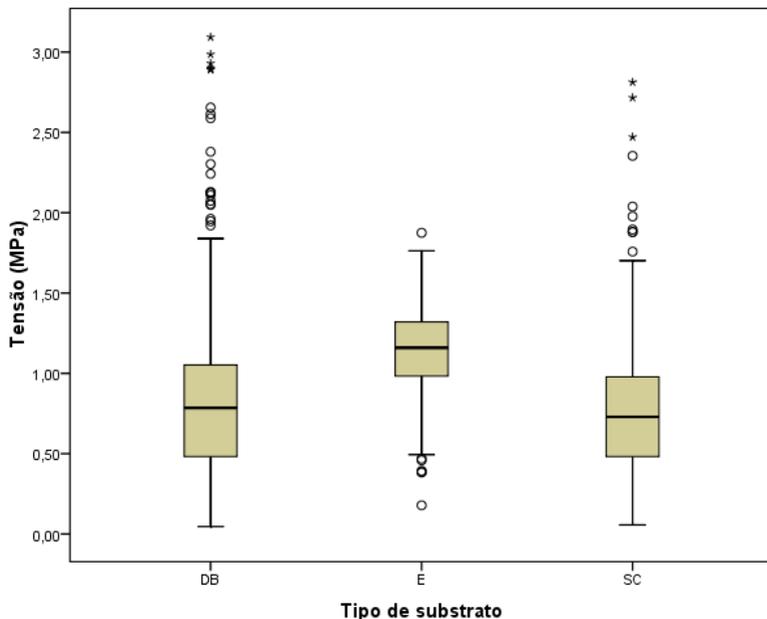
Então se pode considerar que os dados atendem às suposições básicas do modelo que foi utilizado (normalidade, homogeneidade e simetria).

As Figura 37, Figura 38 e Figura 39 são os gráficos *Box-Plot* das variáveis tipo de bloco, tipo de substrato e tipo de argamassa colante, respectivamente.

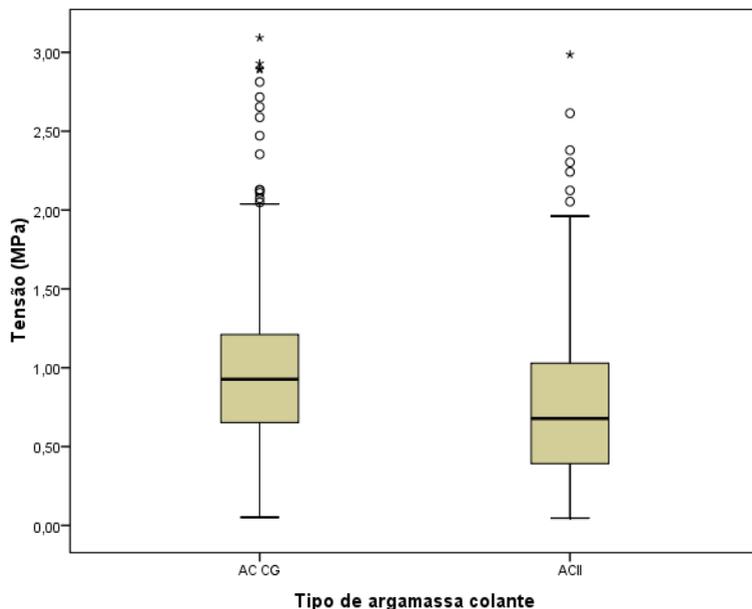
De acordo com estes gráficos pode-se perceber visualmente que a violação da homocedasticidade não é grave.



**Figura 37** - Box-Plot da variável Tipo de bloco



**Figura 38 - Box-Plot da variável Tipo de substrato**



**Figura 39 - Box-Plot da variável Tipo de argamassa colante**

### B- Análise glm univariado

Vários modelos foram ajustados, a fim de se escolher o melhor. Foram inseridos fatores com interações entre os blocos e ainda testou-se o modelo com e sem o intercepto. Abaixo segue a Tabela 40 da ANOVA para o modelo que alcançou os melhores indicadores de qualidade de ajuste.

**Tabela 40 - Tabela ANOVA**

	Soma de quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Valor p
Modelo	518,401a	12	43,200	833,887	0,000
Idade de Arrancamento	0,613	2	0,306	5,916	0,003
Tipo de Bloco	2,969	2	1,484	28,653	0,000
Tipo de Substrato	3,106	2	1,553	29,977	0,000
Tipo de Argamassa Colante	0,984	1	0,984	18,994	0,000
Tipo de Bloco * Tipo de Substrato	3,847	4	0,962	18,563	0,000
Resíduo	30,047	580	0,052		
Total	548,448	592			
a. $R^2 = 0,945$ ( $R^2$ ajustado = 0,944)					

Da tabela acima é possível perceber que todos os fatores têm efeito sobre a raiz quadrada da tensão. Além disso, observa-se que o percentual de variabilidade explicado pelo modelo é de 94,4%, valor considerado bastante alto.

### C- Comparações múltiplas

Na Tabela 41 são apresentadas as comparações múltiplas, através das quais é possível identificar entre quais idades de arrancamento houve diferença significativa da média da variável resposta.

**Tabela 41** - Tabela de comparações múltiplas – IDADE

(I) Idade	(J) Idade	Diferença entre médias (I-J)	Erro padrão	P-valor	Intervalo de confiança (95%)	
					Lim. Inferior	Lim. Superior
28	98	-0,044	0,023	0,166	-0,100	0,011
	196	-,0723*	0,023	<b>0,005</b>	-0,127	-0,017
98	28	0,044	0,023	0,166	-0,011	0,100
	196	-0,028	0,023	0,661	-0,082	0,027
196	28	,0723*	0,023	<b>0,005</b>	0,017	0,127
	98	0,028	0,023	0,661	-0,027	0,082

A Tabela 41 mostra que houve diferença significativa da média da Raiz quadrada da tensão apenas entre as idades 28 e 196 (valor  $p < 0,05$ ).

A Tabela 42 apresenta as comparações múltiplas entre os tipos de blocos, onde é possível identificar entre eles se houve diferença significativa da média da variável resposta.

**Tabela 42** - Tabela de comparações múltiplas – TIPO DE BLOCO

(I) Tipo de bloco	(J) Tipo de bloco	Diferença entre médias (I-J)	Erro padrão	P-valor	Intervalo de confiança (95%)	
					Lim. Inferior	Lim. Superior
BC	BL	,2011*	0,023	0,000	0,146	0,256
	BR	,1823*	0,023	0,000	0,127	0,237
BL	BC	-,2011*	0,023	0,000	-0,256	-0,146
	BR	-0,02	0,023	1,000	-0,074	0,036
BR	BC	-,1823*	0,023	0,000	-0,237	-0,127
	BL	0,02	0,023	1,000	-0,036	0,074

A tabela acima indica que houve diferença significativa da média da raiz quadrada da tensão entre todos os tipos de blocos, exceto entre os blocos BR e BL.

A Tabela 43 apresenta as comparações múltiplas entre os tipos de substratos, onde é possível identificar entre eles se houve diferença significativa da média da variável resposta.

**Tabela 43-** Tabela de comparações múltiplas – TIPO DE SUBSTRATO

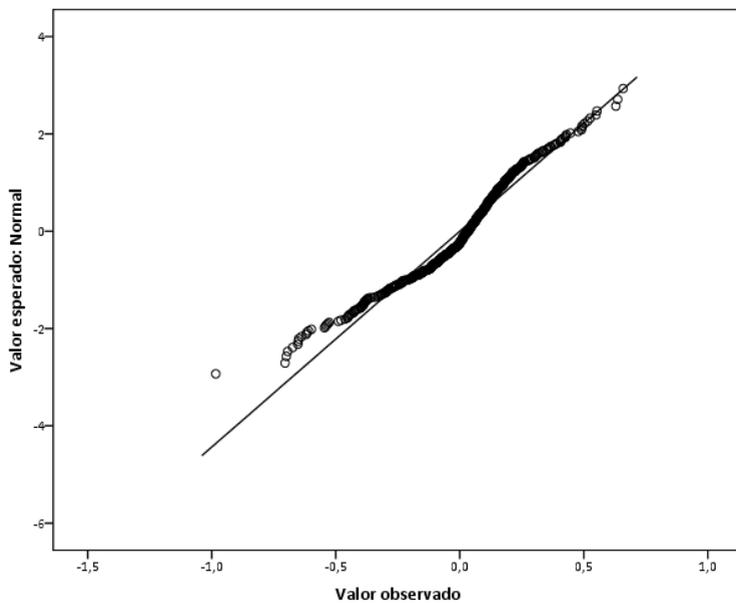
(I) Tipo de substrato	(J) Tipo de substrato	Diferença entre médias (I-J)	Erro padrão	P-valor	Intervalo de confiança (95%)	
					Lim. Inferior	Lim. Superior
DB	E	-,1559*	,02268	,000	-,2104	-,1014
	SC	,0440	,02287	,165	-,0110	,0989
E	DB	,1559*	,02268	,000	,1014	,2104
	SC	,1999*	,02594	,000	,1376	,2621
SC	DB	-,0440	,02287	,165	-,0989	,0110
	E	-,1999*	,02594	,000	-,2621	-,1376

A tabela acima apontou que apenas não houve diferença significativa da média de raiz da tensão entre os tipos de substratos DB e SC.

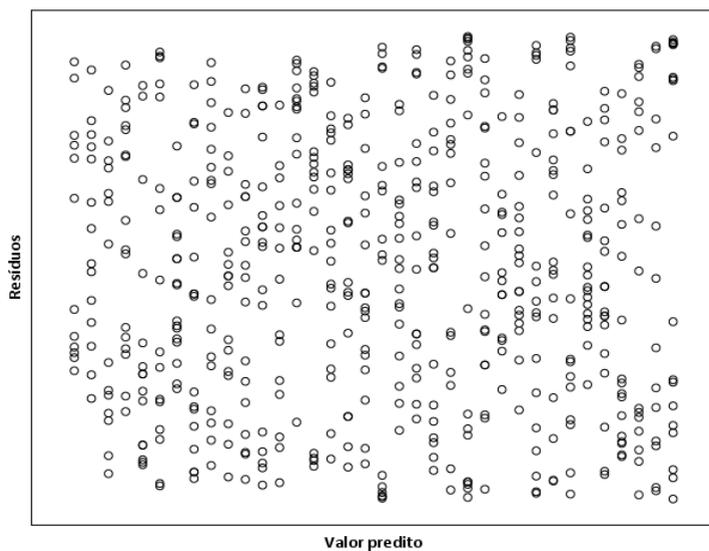
A tabela de comparações múltiplas não foi construída para o fator Tipo de Argamassa Colante, pois este conta com apenas duas categorias, dessa forma, dado que o teste F apresentou um p-valor inferior a 5%, pode-se dizer que há diferença significativa da média da variável resposta entre AC CG e ACII.

#### **D- Análise de resíduos**

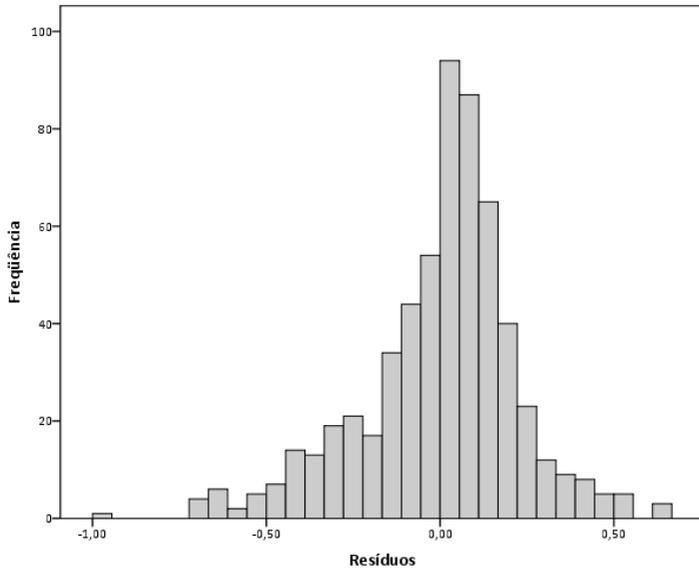
Além do  $R^2$ , utilizou-se também a análise de resíduos para avaliar a qualidade do modelo. Um modelo considerado bom apresenta resíduos homocedásticos, normalmente distribuídos e independentes. As quatro figuras abaixo são gráficos bastante utilizados para essa avaliação (Figura 40, Figura 41, Figura 42 e Figura 43).



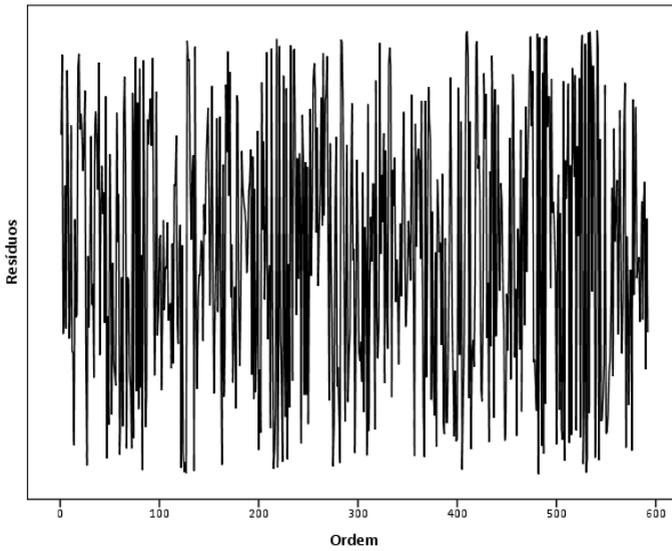
**Figura 40** - Gráfico de normalidade dos resíduos



**Figura 41** - Valor predito X Resíduos



**Figura 42 - Histograma dos Resíduos**



**Figura 43 – Ordem das observações X Resíduos**

A Figura 41 mostra que os pontos estão razoavelmente equidistantes, o que indica que há homocedasticidade dos resíduos. Apesar do teste de normalidade ter indicado a violação dessa suposição (valor  $p < 0,001$ ), o histograma, na Figura 42, mostra que a distribuição do erro é simétrica e centrada em zero. A Figura 43 indica que os resíduos são independentes.

Dessa forma, com base na análise de resíduos e  $R^2$ , é possível dizer que o modelo está razoavelmente bem ajustado.